НЬЮТОНЪ,



ЕГО ЖИЗНЬ И ТРУДЫ.

СОСТАВИЛЪ

Н. Н. Маракуевъ,

преподаватель математики

2-е изданіе,

исправленное и значительно дополненное,

съ приложеніемъ перевода двухъ статей изъ „Principia:" О законахъ движенія и о методѣ флюкцій.



ИЗДАНІЕ „НАРОДНОЙ БИБЛІОТЕКИ"
В. Н. Маракуева

Типо-Литографія Д. А. Бончъ-Бруевича, Москва, Нѣмецкая улица, Бригадирскій пер., д. Т-ва Кувшинова.

ПРЕДИСЛОВІЕ

Ко 2-му изданію.

Печатая второе изданіе нашей книги о Ньютонѣ, мы исправили замѣченные недостатки перваго, и тщательнѣе чѣмъ въ первомъ изданіи изложили генезисъ идеи тяготѣнія, руководствуясь единственнымъ въ своемъ родѣ произведеніемъ, трактующимъ о происхожденіи и развитіи общихъ началъ механики, — трудомъ извѣстнаго мыслителя Е. Дюринга: «**Критическая исторія общихъ началъ механики**». Помимо этого и нѣкоторыхъ добавленій, относящихся къ самой біографіи, мы прибавили цѣлую главу (Глава I), въ которой изображено общее умственное состояніе Европы въ Ньютоновскую эпоху. — Затѣмъ, новое изданіе увеличено двумя приложеніями, изъ которыхъ 1-ое содержитъ переводъ «**Опредѣленій**» и «**Законовъ движенія**», составляющихъ введеніе въ Principia; 2-ое, первоначальные наброски флюкціоннаго метода, есть переводъ перваго отдѣленія первой книги Принципій, трактующей «**О движеніи тѣлъ**». Эти переводы являются въ первый разъ на русскомъ языкѣ. Мы желали оказать ими содѣйствіе тѣмъ молодымъ людямъ, которые пожелали-бы узнать основы динамики и дифференціальнаго исчисленія изъ ихъ безсмертнаго первоисточника.

Н. Маракуевъ.

Другія сочиненія и переводы

Н. Н. МАРАКУЕВА

Е. Дюрингъ. Мысли о реформѣ началъ математики. Переводъ съ нѣмецкаго, ц. 20 к.

Галилей. Біографическій очеркъ, 2-е изд., ц. 35 к.

Элементарная алгебра, въ 2-хъ частяхъ, ц. 4 р., съ перес. 4 р. 50 к. (одобрена М. Н. П. какъ весьма полезное учебное пособіе и рекомендована для фундам. библіотекъ всѣхъ средне-учебныхъ заведеній М. Н. П.)

Артуръ Шопенгауэръ. Лучи свѣта его философіи, сост. Ю. Фрауенштедтъ, ц. 1 р. 25 к., съ перес. 1 р. 50 к.

Характеристика Плутарха, статья Мишле, переводъ съ франц., ц. 20 к.

ВВЕДЕНІЕ.

XVII столѣтіе составляетъ эпоху величайшихъ открытій въ области познанія природы. Благодаря геніальнымъ трудамъ Коперника, Кеплера, Галилея и др. и повсемѣстному интересу къ изученію вопросовъ механики и астрономіи, найдены были общія начала, которымъ подчиняется движеніе матеріальныхъ тѣлъ и эмпирическіе законы планетныхъ движеній. Теперь нуженъ былъ синтетическій геній, которому было-бы по силамъ связать накопленный до него сырой матеріалъ въ единое цѣлое, указать— какова та сила, которая поддерживаетъ наблюдаемый порядокъ въ природѣ, и по какимъ законамъ сила эта дѣйствуетъ, — однимъ словомъ, объяснить систему міра. Задача эта была рѣшена славнымъ англійскимъ естествоиспытателемъ и математикомъ Исаакомъ Ньютономъ. На его долю выпало завид-

ное счастіе выступить на арену науки какъ разъ въ то время, когда были собраны всѣ данныя задачи, къ рѣшенію которой онъ приложилъ всю силу своей громадной эрудиціи и всеобъемлющаго ума. Такимъ образомъ былъ открытъ *законъ всемірнаго тяготѣнія*. Это открытіе Ньютона было сильнымъ толчкомъ, вызвавшимъ въ XVIII столѣтіи появленіе цѣлаго ряда знаменитыхъ математиковъ, астрономовъ и физиковъ, каковы д'Аламберъ, Эйлеръ, Лагранжъ, Лапласъ и др. Они своими великими трудами расширили изслѣдованія Ньютона, и сообщили имъ еще большій блескъ.

Одно изъ великихъ открытій нашего вѣка—*спектральный анализъ*, есть также прямое слѣдствіе важнаго открытія Ньютона въ оптикѣ, открытія разложенія свѣтоваго луча призмою на его составныя части.

Наконецъ, новѣйшія изслѣдованія доказали, что Ньютона слѣдуетъ признать однимъ изъ истинныхъ родоначальниковъ величайшаго открытія послѣдняго времени—*закона сохраненія силы*.

И такъ, Ньютону принадлежатъ важнѣйшія заслуги въ изслѣдованіи законовъ природы: онъ объединилъ, обобщилъ отрывочныя свѣдѣнія своего времени, широко распространилъ ихъ, и далъ небывалый толчокъ развитію физической науки.

„Но еще важнѣе этой чисто научной стороны, говоритъ Геттнеръ въ Исторіи литературы XVIII вѣка, культурно-историческая сторона открытія.

Передъ нами стоитъ міръ безъ чудесъ и произвола, безъ цѣли и намѣренія, въ своихъ кружащихся путяхъ покоющійся въ самомъ себѣ и сохраняющійся самъ собою; міръ разума и истины, міръ вѣчной, мирно правящей законности. Здѣсь въ первый разъ изъ фантастическаго міра воображенія человѣкъ переходитъ въ дѣйствительность природы. Магическія силы астрологіи потеряли свое очарованіе; умно сказано было, что чудеса древней миѳологіи становятся теперь научными фактами... Поэтому Ньютонъ стоитъ впереди всѣхъ во главѣ той освободительной борьбы, которая сдѣлала XVIII столѣтіе вѣкомъ новаго просвѣщенія".

Наша цѣль—познакомить читателя съ жизнью и трудами этого геніальнаго мыслителя. Если подчасъ бываютъ для насъ поучительны поступки и мнѣнія людей обыкновенныхъ, то тѣмъ болѣе интересно прослѣдить жизнь геніальнаго лица, отмѣтить ступени, по которымъ достигъ онъ своего высокаго положенія, видѣть, какъ исполнялъ онъ обязанности общественной и частной жизни, какъ воспользовался онъ выпавшими на его долю высокими умственными дарованіями, наконецъ, съ какими чувствами и желаніями покинулъ онъ этотъ міръ, котораго былъ лучшимъ украшеніемъ.

Почти во всѣхъ этихъ отношеніяхъ жизнь и творенія Исаака Ньютона представляютъ много поучительнаго. Философъ можетъ у него поучиться, какимъ путемъ достигается безсмертіе; моралистъ най-

детъ у него черты характера, одареннаго такою симметріей, къ какой только способна несовершенная человѣческая природа; наконецъ, христіанинъ съ радостью увидитъ, что верховный жрецъ естествознанія, какимъ былъ онъ, оставляетъ изученіе физическаго міра,—поприще его умственнаго торжества, и погружается въ изслѣдованіе вопросовъ вѣры.

ГЛАВА I.

Картина умственнаго состоянія Европы въ эпоху Ньютона.—Бэконъ и „Новый Органонъ".—Декартъ; основаніе новой философіи; система міра и теорія вихрей.—Локкъ; происхожденіе человѣческаго познанія.—Маколей о научной жизни Англіи въ эпоху Ньютона.—Академіи; Королевское Общество.

Прежде всего мы должны дать картину умственнаго состоянія Европы въ ньютоновскую эпоху и для этого остановиться на наиболѣе выдающихся представителяхъ философской и научной мысли, дѣятельность которыхъ отчасти предшествовала Ньютону, отчасти совпадала съ годами его дѣтства и юности. Такимъ образомъ, намъ предстоитъ хотя вкратцѣ ознакомиться съ духовными завоеваніями Бэкона, Декарта, Локка, и упомянуть нѣкоторыя другія имена, имѣвшія прямое отношеніе къ дѣлу Ньютона, каковы Бойль, Гюйгенсъ и др. „Эпоха Возрожденія" вносила освободительное движеніе поочередно въ самыя различныя области умственной жизни человѣчества. Плоды этого великаго освобожденія въ первой половинѣ XVII столѣтія прежде всего обнаружились въ области философіи: въ первыя десятилѣтія этого вѣка выступилъ Бэконъ, въ серединѣ его—Декартъ. И Бэконъ, и Декартъ—оба считаются родоначальниками двухъ раз-

личныхъ направленій новой философіи: первый— въ извѣстномъ узкомъ смыслѣ слова отцомъ новѣйшаго эмпиризма, второй—представителемъ новаго рода умозрительной философіи.

Бэконъ Веруламскій (1561—1626) выступилъ защитникомъ расширенія полезнаго знанія и высокоодареннымъ поборникомъ того новаго рода изслѣдованія, которое направлено на болѣе грубую часть естествознанія. Все свое вниманіе почти исключительно обратилъ онъ на методъ: индуктивный * методъ выставляетъ онъ какъ единственно вѣрный путь изученія природы. И дѣйствительно, вся исторія науки подтверждаетъ ту мысль, что расширеніе горизонта знанія должно опираться на индуктивный методъ и что только примѣненіе этой истины обѣщаетъ вѣрный успѣхъ. Свои мысли изложилъ онъ въ сочиненіи, которое названо имъ „Новый Органонъ" и появилось въ свѣтъ послѣ двѣнадцатикратной переработки. „Новый Органонъ", какъ показывало уже самое заглавіе, долженъ былъ дать то, чего тщетно ожидали цѣлыя столѣтія отъ „Стараго Органона", т.-е. отъ логическихъ твореній Аристотеля; „Новый Органонъ" долженъ былъ указать такое орудіе познанія, которое приносило бы лучшіе плоды, нежели безплодный схоластическій методъ выпряданія заключеній изъ данныхъ опре-

* Индукція (наведеніе) есть обобщеніе изъ опыта. Оно состоитъ въ томъ, что изъ нѣсколькихъ единичныхъ случаевъ, въ которыхъ наблюдается какое-либо явленіе, мы выводимъ, что явленіе это совершается во всѣхъ случаяхъ извѣстнаго класса, сходныхъ съ первыми — въ обстоятельствахъ, признаваемыхъ существенными (Милль).

дѣленій, — методъ, котораго держался античный образецъ схоластиковъ — Аристотель. Безплодная силлогистика Аристотеля должна была уступить мѣсто тѣмъ схемамъ, въ которыхъ имѣло бы двигаться наблюдающее и изслѣдующее исканіе. Это была задача, сама по себѣ настолько обширная, что даже до сего времени выполнена лишь малая часть ея. Что же сдѣлано было Бэкономъ? Тамъ, гдѣ онъ рисуетъ плачевное состояніе науки своего времени, гдѣ онъ изображаетъ причины, задерживающія пріобрѣтеніе дѣйствительнаго знанія, тамъ онъ на своемъ мѣстѣ. Безсиліе современной ему науки, и вытекающая отсюда приниженность людей чувствовались имъ настолько сильно и живо, что его изображеніе „идоловъ", тормозящихъ прогрессъ, не лишено привлекательности. Здѣсь онъ нападаетъ на предразсудки и привычки, на ученое невѣжество, на педантизмъ, на ограниченность цѣховыхъ ученыхъ, на всю эту массу идоловъ, тормозящихъ успѣхи истиннаго знанія: все это съ пользою можно читать и въ наше время. Точно также, тѣ мѣста, гдѣ онъ возстаетъ противъ обычной метафизики, противъ полнѣйшей безплодности аристотелевской силлогистики, противъ авторитета вообще, гдѣ онъ пророчески указываетъ на такія системы, которыя тщетно и безъ всякихъ послѣдствій будутъ воздвигаться только въ отдаленномъ будущемъ, — эти мѣста, по смѣлости концепцій, еще и теперь достойны нашего вниманія. Чтеніе этой, небольшой по объему, посвященной общимъ соображеніямъ, части „Новаго Органона" еще и теперь можетъ въ нѣкоторыхъ направле-

ніяхъ служить духовнымъ средствомъ освобожденія отъ традиціонныхъ взглядовъ.

Бэконъ имѣлъ въ виду реформировать всю область науки, и этого рода энциклопедическое стремленіе не должно удивлять насъ: при сравнительной бѣдности тогдашняго круга знаній, задача не только фактически указать новый методъ, но и плодотворно примѣнить его не казалась неразрѣшимою. Тѣмъ не менѣе, задача далеко не была доведена до конца.

Бэконовское ученіе объ изслѣдованіи имѣетъ скорѣе отрицательное, нежели положительное значеніе. Онъ правильно формулируетъ противоположность между аристотелевскими методомъ и средствами истиннаго обогащенія знанія. Въ этомъ отношеніи онъ мѣтко и сильно высказываетъ то, на что уже до него настоятельно указывали на зарѣ новаго времени. Тѣмъ не менѣе, его нападки на Аристотеля отличались нѣкоторою оригинальностью по сравненію съ нападками прогрессивной части тогдашняго ученаго міра. Бэконъ обратилъ вниманіе преимущественно на двѣ главныя слабыя стороны Стагирита. Онъ объявилъ безплодными, съ одной стороны, силлогистическое сочетаніе мыслей, съ другой стороны, истолкованіе природы съ точки зрѣнія понятія цѣли.

Положительная часть „Новаго Органона" учитъ тѣмъ особымъ пріемамъ, къ которымъ, по воззрѣнію автора, должно прибѣгать изслѣдованіе, чтобы методически быть успѣшнымъ. Однакоже, его исчисленіе множества положеній и оборотовъ изслѣдующей мысли нельзя считать ни методичнымъ, ни

достаточнымъ. Того именно, что въ современной строгой наукѣ считается всего важнѣе, мы у него и не находимъ: онъ совсѣмъ не понималъ значенія опыта, возможнаго только на основѣ истиннаго умозрѣнія.

Причина неудачи легко можетъ быть указана. Съ одной стороны, еще и до сихъ поръ нѣтъ особой теоріи изслѣдованія, въ которой для испытующаго движенія духа были бы выставлены такія руководящія схемы, которыя естествоиспытателями были бы признаны пригодными и достаточными, а логиками — раціональными и систематичными. Напротивъ того, мнѣніе, что подобная теорія, при отсутствіи совершенно общихъ идей о наблюденіи и экспериментѣ, даже и не можетъ быть установлена, всего болѣе распространено именно между позитивистами. Справедливо говорятъ, что нѣтъ никакой возможности замѣнить практическую осмотрительность испытателя и мыслителя суммою общихъ указаній и схемъ. Сторонники этого мнѣнія найдутъ неудачу позитивныхъ стремленій „Новаго Органона“ совершенно въ порядкѣ вещей. Всякому, кто и нынѣ задумалъ бы нѣчто подобное, они предскажутъ подобную же безуспѣшность его предпріятія.

Напротивъ того, можно возразить, что въ нѣдрахъ самихъ строгихъ наукъ находится, хотя и въ одѣяніи образцовыхъ примѣровъ, этотъ складъ методическихъ основоположеній и указаній самаго общаго значенія, и что нуженъ только сродный геній, чтобы на основѣ этихъ, частію скрытыхъ, элементовъ создать удовлетворительное и полезное

ученіе объ изслѣдованіи. Правда, къ услугамъ Бэкона имѣлось на лицо лишь немного подобныхъ примѣровъ, и, что всего хуже, онъ по свойству своего духа и по своимъ познаніямъ не могъ ими воспользоваться. Не имѣя ни малѣйшаго понятія о роли и значеніи математики въ созданіи науки, онъ далеко отсталъ даже отъ того, что за три столѣтія до него извѣстно было уже первому Бэкону о методической необходимости, и что съ успѣхомъ было примѣнено имъ къ дѣлу. При такомъ недостаткѣ математическаго и механическаго мышленія онъ тщившійся предначертать своимъ методомъ пути будущимъ испытателямъ, совсѣмъ не могъ оцѣнить по достоинству даже величайшія пріобрѣтенія прошлаго. Онъ осмѣивалъ, какъ очевидное безуміе, обнародованную за два десятилѣтія до его рожденія систему Коперника. Въ механикѣ онъ защищалъ самыя ложныя представленія, не признавалъ даже архимедовскаго закона рычага, въ то время какъ Галилеемъ, почти его современникомъ, уже заложены были основы новой динамики. Но чего онъ не могъ создать и чего еще и нынѣ не могъ бы создать тотъ, кто не сознаетъ положительно важной роли математическаго и количественно — опредѣленнаго мышленія, и не можетъ оцѣнить онаго какъ всеобщаго руководящаго принципа, было изобрѣтеніе истинныхъ началъ изслѣдованія и наиболѣе дѣйствительнаго средства къ расширенію точнаго и плодотворнаго знанія. У него не было ни малѣйшаго понятія о томъ родѣ истинно естественно-научнаго умозрѣнія, которое

привело Галилея къ открытію законовъ паденія, и безъ котораго наблюденіе и опытъ не могутъ создать ничего значительнаго. Эти-то, повсюду отвергаемыя Бэкономъ, антиципаціи и составляютъ въ извѣстномъ смыслѣ первое и могущественнѣйшее средство, при помощи котораго разумъ проникаетъ въ нѣдра природы и указываетъ то направленіе, въ которомъ слѣдуетъ ставить природѣ рѣшающіе вопросы, и гдѣ возможно, у нея же самой вырывать, посредствомъ искусно расположеннаго опыта, и отвѣты. Эта лучшая часть теоріи въ большинствѣ случаевъ должна уже быть на-лицо, прежде чѣмъ предполагать вообще факты рѣшающаго рода. Конечно, математическое мышленіе не есть единственный, за то оно есть первоначальнѣйшій источникъ всякой истинной антиципаціи. Кто не могъ оцѣнить по достоинству этого фундамента надежнаго оріентированія, тому еще менѣе понятенъ былъ всякій другой родъ внутреннихъ руководящихъ познавательныхъ силъ. Разумъ, въ своей заранѣе опредѣляющей силѣ, былъ сокрытъ для него, и этимъ легко объясняется неудача положительной задачи „Новаго Органона". Конечно, это разъясненіе предполагаетъ у того, для кого оно должно имѣть вѣсъ, нѣкоторыя представленія объ объемѣ строгихъ наукъ и о тѣхъ духовныхъ силахъ, при посредствѣ которыхъ онѣ въ самомъ дѣлѣ стали велики. Неизмѣримо выше этихъ пустыхъ притязаній Бэкона методическія указанія за цѣлое столѣтіе ранѣе его жившаго его предтечи, Леонарда-да-Винчи, о которомъ смѣло можно утвер-

ждать, что объ истинно-научномъ методѣ и особенно объ истинной индукціи онъ лучше и глубже высказался на какой-нибудь парѣ страницъ, чѣмъ англійскій канцлеръ во всѣхъ своихъ объемистыхъ томахъ.

Этотъ приговоръ найдетъ себѣ еще большее подтвержденіе, если мы сравнимъ Фрэнсиса Бэкона съ соименнымъ ему геніемъ, который за три вѣка до него предпринялъ подобную же реформу. Оба взяли исходнымъ пунктомъ полнѣйшую недостаточность наличнаго знанія и господствующихъ методовъ; оба поставили во главѣ обсужденіе помѣхъ къ лучшему познаванію; оба стремились къ всеобъемлющей энциклопедіи знанія. И однако, первый Бэконъ былъ настоящій, математически мыслящій изслѣдователь, достигшій неоспоримыхъ результатовъ. Его побуждала истинная любовь къ знанію; тщеславіе и хвастовство мишурой были ему совершенно чужды. Нельзя оспаривать практическихъ результатовъ его метода: по крайней мѣрѣ въ оптикѣ, и особенно въ теоріи преломленія онъ сдѣлалъ рѣшительный шагъ впередъ. Онъ изобрѣлъ составъ пороха; ему же принадлежитъ и примѣненіе этого взрывчатаго вещества къ огнестрѣльнымъ орудіямъ. Ничего подобнаго мы не видимъ у второго Бэкона: ему не удалось совершить ни одного открытія; нигдѣ приложеніе его метода не привело его къ такимъ воззрѣніямъ, о которыхъ стоило бы упомянуть. — Что касается ихъ относительнаго положенія, которое занимали они въ отношеніи къ современнымъ имъ эпохамъ, то въ настоящее время нельзя уже сомнѣваться и въ томъ, что тотъ уединенный труженикъ

далеко превосходилъ канцлера и въ этомъ пунктѣ. Первый Бэконъ стоялъ не только выше своего вѣка, но въ главномъ выше всего средневѣковья, а въ нѣкоторыхъ направленіяхъ геній его поднимался на такую высоту, которая остается одинаковою для какого угодно вѣка и которой достигаютъ только перворазрядные геніи. Итакъ, онъ имѣетъ право на такое значеніе, которое возвышается надъ среднимъ уровнемъ какого угодно вѣка и относится ко всякой области, въ которой человѣчество какъ таковое, а не просто то или другое поколѣніе, должно искать болѣе благородныя и руководящія черты. Что же касается второго Бэкона, то нужно помириться съ тѣмъ, что ему безспорно принадлежитъ заслуга возбужденія духа эмпиризма. И нападки его на старые методы также имѣютъ свое отрицательное значеніе, а кромѣ того нельзя оспаривать у него и заслуги систематическаго и обстоятельнаго указанія нѣкоторыхъ тормазовъ и ложныхъ путей въ человѣческомъ познаніи. Тѣмъ не менѣе, въ цѣломъ, „Новый Органонъ“ является мнимымъ орудіемъ изслѣдованія: тончайшаго орудія и могущественнѣйшаго средства познанія, какимъ владѣетъ человѣческій духъ, распознать Бэкону не удалось. Въ высшемъ смыслѣ слова раціональное естествознаніе идетъ впередъ не при помощи Бэконовскаго метода, но вопреки ему и совершенно противоположными путями, и только нисшіе, болѣе описательные и классифицирующіе отдѣлы природознанія, занимающіеся накопленіемъ матеріала въ ширину, еще и понынѣ опираются на тѣ представленія объ индуктивномъ спо-

себѣ, которыя были пущены въ оборотъ англійскимъ канцлеромъ.

Декартъ (1596—1650), подобно Бэкону, началъ отрицаніемъ всякой предшествующей философіи, въ особенности аристотелевской; онъ былъ, такъ сказать, изобрѣтателемъ универсальнаго сомнѣнія, принципіально и методически разорвалъ съ старымъ преданіемъ, указавъ человѣческому духу опору въ самомъ себѣ. Совершенно правильно Бокль, въ своей Исторіи Цивилизаціи, высказывается, что всякій прогрессъ новаго времени въ духовномъ и въ культурно-историческомъ отношеніи соотвѣтствовалъ той мѣрѣ, въ какой удалось сомнѣнію проложить себѣ путь и завоевать болѣе и болѣе обширныя области. Духъ скептицизма удалилъ препятствія, какія средневѣковье противопоставляло всякому положительному подъему духа и всякому распространенію просвѣтительныхъ и прогрессивныхъ мыслей. Потому-то Декартъ, отецъ новаго скептицизма, является вмѣстѣ съ этимъ духовнымъ вождемъ новаго времени.

Все подвергать сомнѣнію—таково главное средство, помощію котораго Декартъ думалъ методически достичь неопровержимой достовѣрности. Во всемъ сомнѣвайся и затѣмъ смотри, какъ можно выработать новыя воззрѣнія, которыя въ самомъ корнѣ выходили-бы изъ совершенно несомнѣнной истины. Въ этомъ отношеніи достовѣрность и методъ математики всегда были путеводною звѣздою для всякаго, стремившагося къ подобному обоснованію всякаго иного знанія.

Математика выходитъ изъ первыхъ основныхъ

положеній, истина которыхъ подтверждается уже тѣмъ, что они ясно мыслимы. Нужно только знать, что разумѣется подъ математическою аксіомою, чтобы тотчасъ-же чувствовать себя вынужденнымъ къ признанію ея истины. Такого рода аксіомъ и нельзя доказать, да онѣ и не нуждаются въ доказательствѣ; справедливость ихъ усматривается непосредственно. Картезій, въ своей метафизической системѣ, искалъ—какъ основы—высшаго принципа, который имѣлъ-бы свойство математической аксіомы. Даже въ своемъ методѣ вообще онъ исходнымъ пунктомъ взялъ положеніе, что всякая идея истинна, какъ скоро мы ее мыслимъ ясно и совершенно отчетливо. Заурядные толкователи Декарта думали, что признакомъ истины онъ считалъ ясность представленій въ самомъ обычномъ смыслѣ слова. Но и невѣрное представленіе можетъ казаться яснымъ и отчетливымъ настолько-же, какъ и вѣрное; и вышеприведенное мнѣніе, къ счастію, принадлежитъ не Декарту, а тѣмъ, которые схватывали не смыслъ его философіи, а одни слова. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что пытаясь охарактеризовать—что такое истина представленій, онъ имѣлъ въ виду непосредственную убѣдительность математической аксіомы.

Знаменитѣйшимъ метафизическимъ примѣненіемъ универсальнаго сомнѣнія является подготовительное развитіе положенія: „я мыслю, слѣдовательно я существую“ (cogito, ergo sum); въ этомъ афоризмѣ Декартъ сжато выразилъ ученіе о независимости духовнаго начала отъ матеріи,—дуализмъ духа и матеріи.

Переходъ отъ сомнѣнія или, другими словами, отъ отрицанія достовѣрности показаній нашихъ чувствъ къ самосознанію, Декартъ въ своемъ „Разсужденіи о методѣ“ описываетъ такъ:

„Когда я хотѣлъ такимъ образомъ мыслить, что все ложно, я обратилъ вниманіе, что необходимо, однако, чтобъ я, мыслящій это, былъ чѣмъ-нибудь. Замѣтивъ, такимъ образомъ, что истина: я мыслю, слѣдовательно я есмь, такъ тверда и вѣрна, что самыя экстравагантныя предположенія скептиковъ не могутъ ее поколебать, я заключилъ, что могу безъ опасенія принять ее за первый принципъ философіи, какую искалъ“.

А въ „Принципахъ философіи“ читаемъ: „Пока мы отбрасываемъ все, въ чемъ можемъ малѣйшимъ образомъ сомнѣваться, и представляемъ себѣ даже, что все подобное ложно, мы легко можемъ предположить, что нѣтъ ни неба, ни земли, что у насъ нѣтъ рукъ, ногъ и всего тѣла; но мы никакъ не можемъ представить, чтобы не было насъ, сомнѣвающихся во всемъ этомъ, чтобы то, что думаетъ, не существовало на самомъ дѣлѣ въ то время, какъ оно думаетъ. Потому заключеніе: я мыслю, слѣдовательно я есмь, есть первое и достовѣрнѣйшее, какое представляется тому, кто размышляетъ по порядку.

„Таковой путь размышленія кажется мнѣ наилучшимъ, какой можно избрать, чтобъ узнать природу души и то, что она есть субстанція, совершенно отличная отъ тѣла. Ибо разсматривая, что такое сами мы, предполагающіе, что все отъ насъ отлич-

ное ложно,—ясно усматриваемъ, что ни протяженіе, ни фигура, ни пребываніе въ томъ или другомъ мѣстѣ и ничто, долженствующее быть приписаннымъ тѣлу, не относится къ природѣ нашей, но только мыслительная дѣятельность; ее познаемъ прежде и съ большею достовѣрностью, чѣмъ какую-либо тѣлесную вещь; ибо дѣятельность эту необходимо сознаемъ тогда, когда объ остальномъ можемъ сомнѣваться.

„Подъ словомъ мыслить, поясняетъ онъ, я разумѣю все, что происходитъ въ насъ такъ, что мы сознаемъ это непосредственно въ себѣ. Потому не только понимать, хотѣть, воображать, но и чувствовать—значитъ мыслить"...

Итакъ, признаніе коренной несоизмѣримости и разнородности духа и матеріи есть исходный пунктъ всей метафизики Декарта. Здѣсь ключъ къ уразумѣнію всей его философіи. На этомъ фактѣ разнородности духа и матеріи Декартъ построилъ цѣлую систему. Согласно ей, міръ духа и матеріи—двѣ области, всецѣло различныя между собою. Ихъ взаимодѣйствіе есть результатъ посредства Божества. Міръ духа, обнаруживающійся въ явленіяхъ мысли, состоящей изъ разумѣнія и воли, есть самостоятельная, независимая отъ матеріальнаго міра, область. Матеріальный міръ, со всѣми его безсознательными отправленіями, есть область, уразумѣніе которой зиждется на двухъ понятіяхъ: протяженія и движенія; эта область, въ свою очередь, также вполнѣ самостоятельна.

Такова, въ главнѣйшихъ и самыхъ общихъ чер-

тахъ, система Декарта, составившая эпоху въ исторіи человѣческой мысли. Ею открылся періодъ новой философіи, не завершившійся еще и понынѣ. Лежащая въ основаніи ея идея разнородности духовнаго и тѣлеснаго сохраняетъ всю свою цѣну и въ наше время.

Декартъ положилъ первое основаніе критикѣ источниковъ познанія разграниченіемъ чувственнаго познанія отъ умственнаго. „Надо судить о вещахъ по идеямъ, какія ихъ представляютъ, а не по ощущеніямъ, какія мы имѣемъ по ихъ поводу". Подъ словомъ идея Декартъ разумѣетъ всякую форму мысли, все, что обозначается словомъ: и ощущеніе, и представленіе, и понятіе.

Первая глава „Міра" посвящена разъясненію различія между ощущеніями и предметами, ихъ вызывающими. Онъ указываетъ, что было новостью въ его время, — что свѣтъ, какъ ощущеніе, и свѣтъ, какъ физическое явленіе, не одно и тоже; что осязаніе, зрѣніе, слухъ и другія ощущенія образуютъ въ воображеніи идеи, не имѣющія никакого сходства съ предметами, вызывающими ощущенія. Отыскивая источникъ ошибочныхъ сужденій, онъ входитъ въ анализъ чувственнаго познанія, намѣчая такимъ образомъ существенные вопросы психологіи.

Для насъ особенно важно короче ознакомиться съ ученіемъ Декарта о природѣ. До него ученіе о природѣ было наводнено понятіями, заимствованными изъ области духовной жизни человѣка. Такъ Кирхеръ приписывалъ магниту болѣзни, училъ, что этотъ камень не любитъ чесноку. Бэконъ допускалъ,

что магнитъ „замѣчаетъ“ близость желѣза. Великій Кеплеръ разсматривалъ землю какъ живое существо, и т. п. Декартъ изгналъ изъ области природы всѣ эти схоластическія бредни, и основалъ ученіе о природѣ на началахъ механики. Всю совокупность физическихъ явленій онъ объясняетъ изъ двухъ началъ: матеріи, какъ мозаики частей пространства разной дробности и формы, и движенія.

Природа матеріи, по мнѣнію Декарта, не можетъ состоять въ томъ, что тѣло есть вещь твердая, тяжелая, имѣющая цвѣтъ, или инымъ какимъ-нибудь образомъ дѣйствующая на наши чувства, ибо мы всегда можемъ представить себѣ, что оно не имѣетъ ни одного изъ этихъ качествъ. Такъ, о твердости мы узнаемъ только то, что части твердаго тѣла сопротивляются движенію нашей руки, когда мы ихъ встрѣчаемъ; но еслибы всякій разъ, какъ мы приближаемъ руку, встрѣчаемое тѣло удалялось съ тою скоростью, съ какою приближается рука, мы никогда не ощущали бы твердости; однако, нѣтъ основанія думать, что удаляющіяся такимъ образомъ тѣла потеряли бы вслѣдствіе того то, что дѣлаетъ ихъ тѣлами. Такимъ образомъ, Декартъ заключаетъ, что природа тѣлъ не состоитъ въ твердости, ощущеніе которой мы иногда испытываемъ по ихъ поводу. Она не состоитъ также въ ихъ тяжести, теплотѣ и проч., ибо мы всегда можемъ представить себѣ, что тѣло не имѣетъ въ себѣ ни одного изъ этихъ качествъ; но мы ясно и раздѣльно сознаемъ, что въ немъ есть все, что дѣлаетъ его тѣломъ, если только оно имѣетъ про-

тяженіе. Итакъ, природа тѣла состоитъ въ томъ только, что оно имѣетъ одинъ аттрибутъ—протяженіе. Отсюда представленіе о нѣкоторой однородной субстанціи, несжимаемой и нерасширяемой, насквозь наполняющей пространство и съ нимъ тождественной. Свойство протяженія—дѣлимость. Матеріальный міръ есть мозаика фигуръ, движущихся такъ, что совокупность ихъ, безъ промежутковъ, наполняетъ пространство. Количество вещества въ данной фигурѣ опредѣляется только ея объемомъ. Въ двухъ кубическихъ футахъ всегда одинаковое количество вещества, хотя бы одинъ футъ былъ занятъ воздухомъ, другой свинцомъ. Ихъ различіе не въ количествѣ вещества, а въ томъ, что мозаика одного иная, чѣмъ другого. Итакъ, Декартъ строитъ физическую теорію вещества исключительно на основаніи понятій фигуры и движенія. Если мысленно устранить движеніе, то въ матеріи покоющейся останется одно свойство—занимать мѣсто, имѣть протяженіе. Это — тоже, что и геометрическое пространство. Матеріальность его появляется только съ движеніемъ.

По Декарту, одна частица отличается отъ другой, во-первыхъ, формою, во-вторыхъ, направленіемъ и скоростью движенія. Въ механикѣ послѣдекартовской присоединено третье понятіе—массы, отсутствіе котораго и составляетъ слабое мѣсто картезіанской механики; разсмотрѣніе же фигуры частицъ утратило значеніе. Но уже Декартъ вынужденъ былъ къ понятіямъ фигуры и движенія прибавить третье — силу инерціи; но Декартов-

ская сила инерціи частицы есть нѣчто непостоянное, зависящее отъ объема частицы и другихъ, точно необозначенныхъ, обстоятельствъ; между тѣмъ какъ въ дальнѣйшемъ развитіи механики сила инерціи частицы получила значеніе нѣкотораго постояннаго качества частицы, проявляющагося въ опредѣленномъ количествѣ матеріи—въ массѣ частицы, причемъ масса опредѣляется не величиною частицы, а сопротивленіемъ ея при измѣненіи ея покоя или движенія. Наконецъ, что касается дѣйствія тѣлъ другъ на друга, то Декартъ не допускалъ дѣйствія на разстояніи; допущеніе такого дѣйствія казалось Декарту одушевленіемъ матеріи, перенесеніемъ въ природу понятій изъ области нематеріальной, всецѣло отъ нея отличной. Въ Декартовой физикѣ одно тѣло можетъ дѣйствовать на другое только непосредственно—толчкомъ, ударомъ.

Разсматривая все вещество однороднымъ, Декартъ различаетъ въ немъ, по фигурѣ и движенію, три элемента. Первый элементъ есть тончайшая жидкость, самая проницающая въ мірѣ. Части ея мельче и движутся быстрѣе, чѣмъ части другихъ тѣлъ. Онѣ не имѣютъ опредѣленной величины и формы; при встрѣчѣ съ другими тѣлами ежеминутно измѣняютъ форму, чтобы приладиться къ мѣстамъ, куда входятъ. Нѣтъ прохода столь узкаго и угла столь малаго между частями другихъ тѣлъ, чтобы первый элементъ не проникъ туда безъ затрудненій и не наполнилъ бы промежутки. Второй элементъ есть также нѣкоторая жидкость, очень тонкая сравнительно съ третьимъ. Но, по сравне-

нію съ первымъ, эти частицы имѣютъ нѣкоторую величину, онѣ почти круглы и сложены вмѣстѣ какъ песчинки пыли. Онѣ не могутъ дѣйствовать другъ на друга, не оставляя промежутковъ, куда легко проникаетъ первый элементъ. Части третьяго элемента настолько же крупнѣе частей второго и настолько же медленнѣе движутся сравнительно съ ними, насколько части второго сравнительно съ первымъ.

Декартъ принимаетъ 3 закона движенія. Первый законъ: всякая вещь остается въ состояніи, въ какомъ есть, пока ничто этого состоянія не измѣняетъ. Второй законъ: всякое тѣло стремится продолжать движеніе по прямой линіи. — Оба эти закона—ничто иное, какъ неполное и несовершенное выраженіе двухъ частей закона инерціи. — Третій законъ: если тѣло встрѣчаетъ другое, и если оно имѣетъ менѣе силы, чтобы продолжать движеніе, чѣмъ встрѣчаемое имъ, чтобъ ему сопротивляться, оно измѣняетъ свое направленіе, не теряя ничего изъ своего движенія, а если имѣетъ больше силы, то двигаетъ съ собою это встрѣчаемое тѣло и теряетъ столько своего движенія, сколько его передаетъ. Заключенія, совершенно ошибочныя.

Наиболѣе оригинальную часть Декартова ученія о движеніи составляетъ его идея о сохраненіи вложеннаго въ матеріальный міръ запаса движенія, остающагося постояннымъ въ своемъ количествѣ, не смотря на разнообразныя преобразованія. „Энергія движенія можетъ переходить или вполнѣ, или частью отъ одного тѣла въ другое, но не можетъ исчезнуть изъ міра“, училъ Декартъ, предвкушая,

такимъ образомъ, мысль, изъ которой развилось современное ученіе о сохраненіи энергіи.

Переходимъ къ изложенію Декартовой системы міра и его знаменитой теоріи вихрей. Онъ предполагаетъ, что Богъ въ началѣ раздѣлилъ всю матерію, изъ которой образовался видимый міръ, на части, возможно равныя между собою, умѣренной величины, т. е. средней между разнообразными величинами различныхъ частицъ, составляющихъ нынѣ небеса и звѣзды; затѣмъ Онъ привелъ эти частицы въ движеніе съ равною силою и двоякаго рода: каждая стала двигаться отдѣльно около своего центра, вслѣдствіе чего они составили жидкое тѣло, каково небо; кромѣ того, многія пришли въ движеніе около нѣкоторыхъ центровъ, расположенныхъ во вселенной такъ, какъ нынѣ видимъ расположенными центры неподвижныхъ звѣздъ, но въ большемъ числѣ, такъ что они равнялись числу звѣздъ въ соединеніи съ числомъ планетъ и кометъ... Такимъ образомъ возникло столько различныхъ вихрей (tourbillons), сколько небесныхъ тѣлъ во вселенной.

Въ центрѣ каждаго вихря скоро образовалось тѣло, подобное нашему солнцу. Это было слѣдствіемъ того, что первоначальное движеніе двояко: общій вихрь и отдѣльное круженіе частицъ. Какая бы ни была первоначальная фигура частей первоначальной пространственной мозаики, части эти съ теченіемъ времени должны были сдѣлаться круглыми (второй элементъ). Сила, какою онѣ приведены первоначально въ движеніе, будучи достаточною, чтобы раздѣлить ихъ между собою, была, конечно,

и послѣ, сохранясь въ нихъ, достаточно велика для того, чтобы, по мѣрѣ встрѣчи, обтереть ихъ угловатости. Такъ какъ пустоты быть не можетъ, а шариками нельзя наполнить пространство такъ, чтобы не оставалось промежутковъ, то образовавшіеся опилки, совершенно наполняя промежутки второго элемента, должны быть чрезвычайно тонки, дабы перемѣнять каждый моментъ фигуру, принаравливаясь къ мѣстамъ, куда входятъ. Мы должны, поэтому, представлять себѣ то, что отдѣлилось отъ угловъ частицъ по мѣрѣ ихъ округленія, столь тонкимъ и получившимъ столь великую скорость, что стремительность движенія раздѣляетъ его на безчисленныя доли, не имѣющія никакой опредѣленной величины и фигуры и легко наполняющія всѣ самые малые промежутки, чрезъ какіе другія части матеріи не могутъ проходить. Эта тончайшая форма матеріи есть первый элементъ. Декартъ указываетъ далѣе, какъ элементъ этотъ долженъ скопляться въ центрѣ каждаго вихря, порождая огнеобразную массу, находящуюся въ состояніи быстраго внутренняго движенія частицъ, посылающую во всѣ стороны свои дѣйствія въ формѣ свѣтлыхъ лучей—солнце или звѣзду. Третій элементъ, т. е. составившіяся изъ перваго малоподвижныя крупныя части разнообразной формы образуетъ потухшія солнца: планеты и землю.

Все скопленіе тонкой небесной матеріи, исполненной внутренняго движенія, отъ солнца и до неподвижныхъ звѣздъ, кружится вокругъ солнца и уноситъ съ собою планеты, заставляя ихъ обра-

щаться около этого центральнаго свѣтила, всѣ въ одну сторону, но впродолженіе времени болѣе или менѣе длиннаго, смотря потому, болѣе или менѣе удалены онѣ отъ солнца... Таковъ большой вихрь, которымъ правитъ солнце. Въ тоже время планеты, подобно солнцу, имѣютъ около себя свои малые вихри... Если бы случилось, что въ такой малый вихрь упала планета меньшая той, которая въ немъ господствуетъ, эта меньшая планета была бы увлечена большою и вынуждена вращаться около нея, а всѣ вмѣстѣ, большая, малая и вихрь, въ коемъ они находятся, вращались бы около солнца. Такимъ образомъ, при началѣ міра мы увлекли за собою луну, которая случилась въ пространствѣ нашего вихря, Юпитеръ увлекъ за собою 4 маленькія планеты.

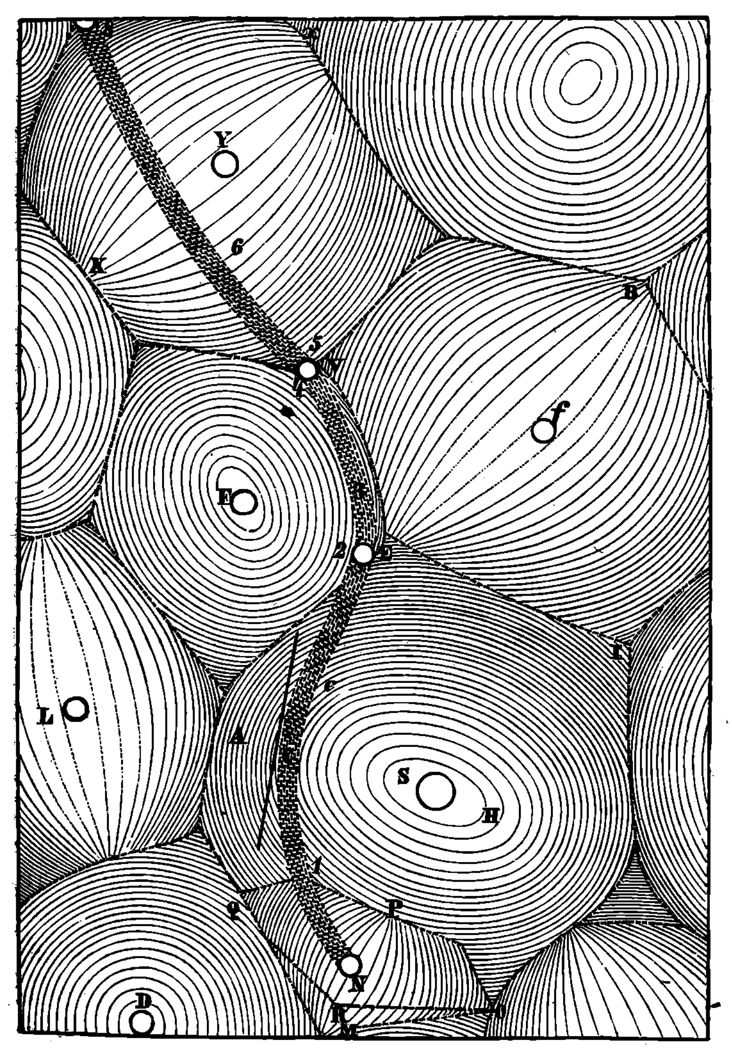
Всѣ эти вихри взаимно прилажены наилучшимъ образомъ, и такъ какъ каждый долженъ кружиться около своего солнца, не мѣняя мѣста, каждый принимаетъ движеніе наиудобнѣйшее и легчайшее въ томъ положеніи, въ какомъ находится. Они, такъ сказать, сцѣпляются между собою какъ колеса часовъ, и одинъ помогаетъ движенію другого. Правда, они также и дѣйствуютъ одинъ противъ другого. Міръ каждаго вихря есть какъ-бы баллонъ, который расширился-бы, еслибъ имѣлъ къ тому возможность; но онъ тотчасъ отталкивается сосѣдними мірами и сжимается, потомъ опять расширяется и т. д.

По теоріи Декарта, кометы—какъ-бы посланники, посылаемые къ намъ сосѣдними мірами. Это—планеты, принадлежащія сосѣднему вихрю. Онѣ

двигаются при его краяхъ. Пусть, напр., вихрь этотъ, будучи неодинаково сжатъ сосѣдними, круглѣе сверху и площе внизу, и пусть онъ обращенъ къ намъ своею нижнею стороною. Планеты его окраинъ, начавъ вверху свое движеніе по кругу, не предвидѣли, что внизу вихрь какъ-бы пресѣкается: чтобы продолжать свое круговое движеніе, онѣ необходимо должны войти въ другой вихрь, въ нашъ, и помѣститься при его окраинахъ.

Прилагаемая фигура, заимствованная изъ „Началъ", изображаетъ вихри, кружащіеся около точекъ S, F, f,.., представляющихъ собою солнце и неподвижныя звѣзды: S, напр., солнце, F, f,.. неподвижныя звѣзды. Можемъ вообразить безчисленное множество другихъ, выше, ниже, внѣ плоскости фигуры, разсѣянныхъ по всѣмъ направленіямъ. Слѣдъ NCEV... обозначаетъ путь кометы.

Такова знаменитая въ свое время теорія вихрей. Въ эпоху Ньютона эта теорія господствовала надъ умами; въ числѣ ея сторонниковъ встрѣчаемъ имена знаменитѣйшихъ математиковъ, современниковъ Ньютона: Лейбница, Гюйгенса, Бернулли; они старались построить и усовершенствовать эту теорію математически, измыслить такое механическое строеніе вихрей, чтобъ они согласовались съ найденными законами природы и объясняли ихъ. Заслуга Декартовскихъ вихрей въ томъ, что въ нихъ еще до познанія точныхъ количественныхъ отношеній дана была полупоэтическая картина вселенной на основѣ коперниковской идеи. Это былъ первый образчикъ объясненія системы міра на основаніи



Строеніе міроваго пространства по Декарту. 1644 года.
(Principia Philosophiae).

механическихъ началъ—толчка и движенія: Декартъ первый разсмотрѣніе мірозданія сдѣлалъ задачею механики. Ньютонъ математически доказалъ несостоятельность теоріи Декарта и поставилъ на ея мѣсто свою систему міра, въ которой явленія объясняются силами, дѣйствующими на разстояніи. Тѣмъ не менѣе, идеи, пущенныя въ оборотъ Декартомъ, оказались весьма живучими: современная кинетическая теорія газовъ есть построеніе, выполненное совершенно въ картезіанскомъ духѣ. Царь современныхъ физиковъ—Томсонъ—высказалъ гипотезу о строеніи матеріи, находящуюся въ прямомъ родствѣ съ ученіемъ Декарта: это такъ называемая теорія вихрей-атомовъ.

Томсонъ допускаетъ, что среда, наполняющая вселенную, отличная отъ обыкновенной матеріи, хотя и обладающая инерціей, можетъ разсматриваться какъ нѣкоторая совершенная жидкость. Въ этой однородной средѣ находятся во множествѣ малые вихри, имѣющіе всѣ свойства атомовъ, если разсматривать ихъ какъ Гельмгольцевскіе вихри. Они подобны кольцамъ табачнаго дыма, толчкомъ выбрасываемаго чрезъ круглое отверстіе изъ ящика, имъ наполненнаго. По теоріи Гельмгольца, такіе вихри представляютъ собою нѣчто недѣлимое и неизмѣнное, если они находятся въ средѣ, имѣющей всѣ свойства совершенной жидкости; Гельмгольцъ доказалъ именно, что такой вихрь нельзя разсѣчь самымъ острымъ ножемъ, части кольца будутъ только вращаться вокругъ ножа или ускользать изъ-подъ него; онъ представляетъ, слѣдовательно, недѣли-

мый атомъ, частицу, которую нельзя раздробить, потому что даже ее нельзя уловить подъ ножъ. Таковы элементарные вихревые атомы вѣсомой матеріи. Среда, въ которой они находятся, можетъ дѣйствовать на нихъ и участвовать въ явленіяхъ, благодаря еще мельчайшимъ вихрямъ, какіе приходится допустить, чтобы объяснить взаимодѣйствіе вѣсомыхъ атомовъ. Для Декарта матерія есть совокупность протяженныхъ элементовъ, свойства которыхъ опредѣляются ихъ величиною, положеніемъ и движеніемъ. Томсоновы вихри-атомы играютъ такую-же роль; теорія, имѣя всѣ достоинства атомистической, не требуетъ, какъ и у Декарта, ни пустоты, ни абсолютной твердости недѣлимыхъ частицъ.

Къ этому очерку слѣдуетъ еще прибавить, что Декартъ открылъ истинный законъ преломленія свѣта; ему-же принадлежитъ плодотворная мысль приложенія анализа къ геометріи,—онъ былъ творцомъ аналитической геометріи. Если попытка его дать объясненіе системы міра и оказалась неудачною, по недостаточности основаній и несостоятельности гипотезъ, тѣмъ не менѣе мысль—свести объясненіе всѣхъ физическихъ явленій къ возможно меньшему числу механическихъ началъ, составила эпоху въ исторіи естествознанія, а плоды этой мысли даютъ о себѣ знать еще и теперь.

Локкъ (1632—1704), младшій современникъ и другъ Ньютона, можетъ быть названъ, говоритъ Геттнеръ въ своей *Исторіи всеобщей литературы,* Ньютономъ философіи; въ разсмотрѣніи человѣческаго духа онъ выходилъ изъ тѣхъ же принциповъ,

изъ какихъ выходили современные ему естествоиспытатели въ разсмотрѣніи природы. Девизъ Ньютона: „берегись метафизики“, былъ въ предметахъ философіи и девизомъ Локка.

Остановимся на главномъ произведеніи Локка, на его „Опытѣ о человѣческомъ разумѣніи“. Въ предисловіи онъ разсказываетъ, что однажды нѣсколько его друзей живо спорили при немъ о предметѣ, совершенно постороннемъ его изслѣдованію. Скоро они такъ были запутаны трудностями вопроса, которыя представлялись со всѣхъ сторонъ, что они не могли сдѣлать дальше ни шагу, и, не смотря на всѣ старанія, не находили никакого выхода изъ своихъ сомнѣній. Это навело его на мысль, что прежде всякихъ умозрѣній этого рода неизбѣжно было изслѣдованіе о способностяхъ ума и о предметахъ, которые лежатъ въ его сферѣ.

Двѣ первыя книги труда разсматриваютъ происхожденіе идей, которыя человѣкъ находитъ въ себѣ, ихъ содержаніе и объемъ. Затѣмъ онъ разбираетъ вопросъ, отчего происходитъ то, что человѣкъ такъ часто принимаетъ ложь за истину, т. е. впадаетъ въ ошибки и недоразумѣнія. На это отвѣчаютъ двѣ послѣднія книги. Такимъ образомъ, цѣль, поставленная Локкомъ для своего ученія о познаніи, сходна съ цѣлью Кантовой критики чистаго разума: и здѣсь и тамъ рѣчь идетъ о происхожденіи и границахъ человѣческаго познанія, о томъ, какіе предметы доступны нашему разумѣнію и какіе лежатъ внѣ его области. Локкъ приходитъ къ заключенію, что всякое познаніе происходитъ изъ впе-

чатлѣній чувствъ; напротивъ, Кантъ предполагаетъ два рода познанія: одно, происходящее изъ опыта, другое, отъ него независимое.

Во времена Локка господствовало убѣжденіе, что идеи врождены человѣку. Локкъ опровергаетъ это воззрѣніе, ссылаясь на дѣтей и идіотовъ. Далѣе, необразованные люди не имѣютъ и чаянія нашихъ отвлеченныхъ положеній. Возраженіе, что эти представленія хотя и находятся въ умѣ, но безъ его вѣдома, онъ считаетъ безсмысленнымъ. Вѣдается то, что есть въ умѣ. Нельзя также сказать, что эти общія положенія (напр. „что есть, то-есть") приходятъ къ сознанію вмѣстѣ съ началомъ дѣйствія разума. Задолго до того какъ ребенокъ узнаетъ логическое начало противорѣчія, онъ знаетъ, что сладкое не горько. Локкъ показываетъ, что настоящій путь образованія ума—обратный. Сознаніе не имѣетъ въ задаткѣ общихъ положеній, которыя только потомъ наполнялись бы путемъ опыта спеціальнымъ содержаніемъ; напротивъ, опытъ и притомъ чувственный опытъ есть первоисточникъ нашего познанія. Сначала чувства даютъ намъ извѣстныя простыя идеи (представленія), каковы: звуки, цвѣтъ, чувство сопротивленія при осязаніи, представленія о протяженіи и движеніи. Разумъ, замѣчая, что одни изъ этихъ впечатлѣній согласны, другія противоположны одно другому, составляетъ изъ этого наблюденія общія понятія. Къ ощущенію (sensation) или впечатлѣнію внѣшнихъ предметовъ на наши чувства (внѣшній опытъ) присоединяется наблюденіе внутренней дѣятельности духа,

которое онъ производитъ надъ полученными впечатлѣніями и предметами, — самонаблюденіе внутренняго ощущенія, мышленія и желанія, — рефлексія. Ощущеніе и рефлексія — единственные и исключительные источники познанія для человѣка, „единственныя окна", чрезъ которыя проходитъ свѣтъ идей въ темную область неразвитого разума. И самыя глубокія понятія, понятія о пространствѣ, времени и безконечности, понятія — свойствъ, субстанціи и отношеній, даже страсти, чувства удовольствія и неудовольствія — имѣютъ источникомъ также повторенія, соединенія и взаимодѣйствія впечатлѣній, данныхъ чувствами и рефлексіей. Этотъ внѣшній и внутренній чувственный опытъ есть основаніе, на которомъ зиждется все зданіе человѣческой мысли и знанія.

Въ ощущеніи и рефлексіи умъ является только чисто воспринимающимъ, а не создающимъ; онъ не производитъ идей, а идеи производятся въ немъ. Затѣмъ, въ соединеніи и взаимномъ образованіи идей онъ становится самодѣятельнымъ и создающимъ. Здѣсь мы приходимъ къ границамъ человѣческаго познанія. Соединеніе идей въ мысли происходитъ посредствомъ словъ: здѣсь человѣкъ попадаетъ на путь, гдѣ прекращается достовѣрность естественнаго опыта. Чѣмъ дальше удаляется человѣкъ отъ чувственнаго, тѣмъ больше подлежитъ онъ заблужденію, и языкъ — главный носитель заблужденій. Какъ скоро слова принимаются за соразмѣрные (адэкватные) образы вещей или смѣшиваются съ дѣйствительными видимыми предметами,

между тѣмъ какъ они—только произвольные знаки идей,—знаки, которые слѣдуетъ употреблять осторожно, — то открывается поле для безчисленныхъ ошибокъ. Здѣсь критика разума переходитъ у Локка въ критику языка; цѣль ея—сдѣлать слова лишь условными, потому что только при этомъ ограниченіи они имѣютъ надежный смыслъ.

Изслѣдованія Локка образуютъ эпоху въ развитіи человѣческой мысли: онъ въ первый разъ поставилъ вопросъ о томъ, какъ поступаетъ духъ, когда отъ частнаго онъ переходитъ къ общему, отъ наблюденія къ понятію. Методъ его чисто индуктивный, т. е. онъ выходитъ изъ самаго старательнаго изученія естественныхъ наукъ, онъ съ неумолимой строгостью прилагаетъ ихъ методъ къ явленіямъ духа; онъ наблюдаетъ дѣятельность разума, какъ естествоиспытатель наблюдаетъ дѣятельность природы. Далекій и отъ схоластическаго языка, и отъ метафизическихъ гипотезъ, онъ здраво и проницательно собираетъ свои наблюденія, группируетъ ихъ и наконецъ извлекаетъ изъ нихъ заключеніе, что не было и нѣтъ познанія, которое не исходило бы отъ чувствъ и въ послѣднемъ основаніи не было бы чувственнаго свойства. Какъ Ньютонъ физическую астрономію превратилъ въ механику небесныхъ тѣлъ, такъ Локкъ изъ логики и метафизики сдѣлалъ ученіе о чувственныхъ впечатлѣніяхъ: что у Ньютона—механизмъ, то у Локка — сенсуализмъ. Родственность и связь обоихъ воззрѣній очевидны.

Такова была умственная атмосфера, въ которой

суждено было вращаться Ньютону. Маколей, въ третьей главѣ „Исторіи Англіи," такъ описываетъ научную жизнь Англіи того времени: „Время политическихъ мечтаній теперь уже прошло... За то экспериментальныя науки стали теперь въ нѣсколько мѣсяцевъ общей модой. Обращеніе крови, взвѣшиваніе воздуха, фиксированіе ртути, заняли мѣсто политическихъ споровъ; мечты о крыльяхъ, съ помощію которыхъ можно бы было перелетѣть отъ Тоуэра къ аббатству, и о корабляхъ съ двойнымъ килемъ, которые бы не могли разбиваться въ самыя сильныя бури, слѣдовали теперь за мечтами о совершеннѣйшихъ формахъ государства. Господствующее настроеніе увлекло всѣ классы общества... Духовные, юристы, государственные люди, аристократія, принцы возвышали славу Бэконовой философіи. Поэты съ одушевленнымъ соревнованіемъ воспѣвали приближеніе золотого вѣка. Одно время химія занимала вниманіе легкомысленнаго Боккингема вмѣстѣ съ виномъ и любовью, сценой и игорнымъ столомъ, съ интригами придворнаго и интригой демагога. У самого короля была лабораторія въ Вайтголлѣ и онъ былъ въ ней дѣятеленъ и заинтересованъ не меньше, чѣмъ въ залѣ Совѣта. Для изящнаго джентльмена стало совершенною необходимостью умѣть что-нибудь сказать о телескопѣ и воздушномъ насосѣ; даже дамы отправлялись въ Грешамъ въ каретахъ, запряженныхъ шестерней, чтобы осматривать тамошнія достопримѣчательности и были внѣ себя отъ восторга, когда видѣли, что магнитъ дѣйствительно притягиваетъ иголку и

что блоха въ микроскопъ была величиной съ воробья". Въ этой безпокойной поспѣшности, конечно, было много забавнаго; но не слѣдуетъ забывать, что даже нелѣпости и преувеличенія этого моднаго диллетантизма доказываютъ только, какъ глубоко и обширно было распространеніе вліянія новой науки.

Всего больше занимались механическимъ естествознаніемъ; оно было совершенно чуждо всей древности и среднимъ вѣкамъ, и появилось въ Европѣ впервые въ концѣ XVI столѣтія: Леонардо-да-Винчи и Галилей были первыми его основателями. Съ этого времени оно быстрыми шагами пошло впередъ, особенно когда въ помощь быстрому обмѣну знаній учреждены были первыя академіи. Считаемъ не безъинтереснымъ сообщить нѣкоторыя свѣдѣнія о происхожденіи этихъ ученыхъ учрежденій въ Лондонѣ и Парижѣ. Въ 1645 г. Вилькинсъ, Энтъ, Глиссонъ, Фостеръ, Сетуардъ рѣшились постоянно и правильно разъ въ недѣлю собираться въ домѣ Годдарда въ Лондонѣ для бесѣдъ о предметахъ естественныхъ наукъ *. Съ 1659 года ихъ собранія происходили въ „Gresham College", гдѣ къ нимъ присоединились еще Ренъ, Валлисъ и Брункеръ. По восшествіи на престолъ Карла II въ 1660 г., которое подало надежду на продолжительный миръ, этотъ частный кружокъ составилъ изъ себя общество, организованное по извѣстнымъ правиламъ. Каждый членъ вносилъ, при своемъ вступленіи въ общество, 1/2 фунта стерлинговъ и

* Собранія эти носили названіе „Невидимой коллегіи".

потомъ дѣлалъ еженедѣльный взносъ въ шиллингъ. Кромѣ названныхъ лицъ, членами этого общества были знаменитые ученые: Бойль, Гукъ, Валлисъ и др. Общество имѣло свою библіотеку и собраніе инструментовъ. Скоро общество пріобрѣло своей дѣятельностью такой почетъ, что Карлъ II приказалъ выразить ему свое благоволеніе и обѣщаніе королевскаго покровительства. 15 іюля 1662.г. онъ далъ ему грамоту (charter) и титулъ „Королевскаго Общества“ съ правомъ пользоваться недвижимыми имуществами, привиллегіями и собственную подсудность. Новымъ президентомъ былъ сдѣланъ Брункеръ, казначеемъ Балле, а секретарями Вилькинсъ и Ольденбургъ. Кругъ дѣйствій Общества былъ расширенъ новой королевской привиллегіей 15 октября 1662 г., по которой всѣ физическія и механическія открытія должны были представляться на ея разсмотрѣніе. 14 апрѣля 1663 г. Карлъ II, принимавшій особенное участіе въ успѣхахъ академіи, далъ ей новую грамоту на еще болѣе широкія привиллегіи и право на королевскія земли въ Ирландіи. Число ея членовъ возрасло теперь до 115. Въ 1664 г. внутренняя организація общества была болѣе приспособлена къ новымъ цѣлямъ и теперь были приняты въ него членами многіе иностранные ученые, въ числѣ которыхъ былъ знаменитый Гюйгенсъ. Въ томъ же году оно получило въ подарокъ отъ короля большой домъ, прежде бывшій монастырь. Наконецъ общество стало издавать свои записки подъ именемъ „Philosophical Transactions“.

Подобное же начало имѣла и академія наукъ въ

Парижѣ. По ходатайству министра Кольбера Людовикъ XIV разрѣшилъ въ 1666 г. учрежденіе ученаго общества въ Парижѣ по примѣру того, какое въ Лондонѣ было основано при Карлѣ II. Оно сначала было тоже частнымъ обществомъ; королевское покровительство дано было ему только въ 1699 г. Членами этого общества приглашены были Кассини, Гюйгенсъ и Рёмеръ. Для Кассини устроена была новая обсерваторія. Изъ нѣдръ этого общества вышли физики, которые, въ 1672 г., посредствомъ наблюденій надъ маятникомъ въ Кайенѣ, опредѣлили сплюснутость земли. Уже въ 1665 г. возникъ и знаменитый „Journal des Savants", самый ранній ученый журналъ. По примѣру этихъ ученыхъ учрежденій, позднѣе была основана королевская академія наукъ въ Берлинѣ, Фридрихомъ I въ 1700 г., по старанію Лейбница, который и былъ первымъ ея президентомъ. Этотъ же философъ составилъ проектъ основанія академіи наукъ въ Петербургѣ, который былъ приведенъ въ исполненіе Екатериной I въ 1726 г. Въ средѣ первыхъ знаменитыхъ членовъ Королевскаго Общества: Рена, Гука, Галилея, Фламстеда было особенно живо убѣжденіе, что настало наконецъ время, когда тайна устройства вселенной должна раскрыться передъ глазами всѣхъ. Ихъ ожиданіе осуществилось: Исаакъ Ньютонъ открылъ законъ всеобщаго тяготѣнія и этимъ положилъ начало не только новой эры въ исторіи астрономіи, но также и въ исторіи всего новаго образованія и метода мышленія.

ГЛАВА II.

Рожденіе и дѣтскіе годы Ньютона.—Ученье въ Грантамской школѣ.—Ранняя склонность Ньютона къ занятіямъ механикой: вѣтряная мельница, водяные часы, телѣжка-самокатъ, солнечные часы.—Приготовленіе въ университетъ. — Ньютонъ поступаетъ въ Коллегію Троицы въ Кембриджѣ.—Преобладающая склонность къ математикѣ: онъ безъ труда усвоиваетъ геометрію Эвклида и Декарта; открываетъ формулу бинома и методъ флюкцій. — Получаетъ всѣ ученыя степени.—Получаетъ каѳедру въ университетѣ.—Изобрѣтаетъ отражательный телескопъ и избирается въ члены Королевскаго Общества.—Общественная дѣятельность. — Получаетъ назначеніе директора монетнаго двора.—Избирается въ президенты „Королевскаго Общества“.—Нравственный обликъ Ньютона.—Характеръ его генія.—Болѣзнь.—Смерть Ньютона.—Посмертныя почести, оказанныя Ньютону.

Исаакъ Ньютонъ родился въ Вульсторпѣ, небольшомъ мѣстечкѣ Линкольнширскаго графства, въ день Рождества Христова, въ 1642 г., около года спустя послѣ смерти Галилея. Событіе это случилось въ послѣдніе годы Тридцатилѣтней войны, за нѣсколько мѣсяцевъ до восшествія на французскій престолъ Людовика XIV, за 7 лѣтъ до казни Карла I въ Англіи. Годъ рожденія Ньютона совпадаетъ съ годомъ знаменитаго опыта Торричелли; Бэконъ умеръ 16 лѣтъ тому назадъ; Декартъ былъ близокъ къ апогею своей славы; Локкъ былъ десятилѣтнимъ ребенкомъ; Паскалю было 19 лѣтъ, Гюйгенсу 13, а Лейбницъ родился 3-мя годами позже.

Отецъ его, также Исаакъ, по происхожденію Шотландецъ, умеръ въ молодыхъ лѣтахъ, еще до рожденія Исаака Ньютона, проживъ лишь нѣсколько мѣсяцевъ послѣ своей женитьбы на Гарріетъ Айсковъ. Родясь преждевременно, мальчикъ былъ такъ слабъ, что двѣ женщины, посланныя въ ближайшій городокъ за лѣкарствомъ для новорожденнаго, никакъ не надѣялись по возвращеніи застать его въ живыхъ. По собственнымъ словамъ Ньютона, онъ часто слышалъ отъ своей матери, что при рожденіи былъ такимъ маленькимъ, что его можно было носить въ небольшомъ кувшинѣ. Несмотря, однако, на такой крошечный видъ и слабость, судьба опредѣлила ему долгую жизнь, и этотъ хрупкій сосудъ, который, казалось, едва способенъ былъ воспринять предназначенную для него душу, достигъ мужественной зрѣлости, и среди занятій, которыя всякаго другого истощили бы преждевременно, дожилъ до глубокой старости въ совершенномъ и почти непрерывномъ здоровьѣ.—Усадьба Вульсторпъ, гдѣ имѣло мѣсто это замѣчательное рожденіе, составляла уже около сотни лѣтъ собственность фамиліи Ньютоновъ. Изображенный на прилагаемомъ рисункѣ домикъ, въ которомъ Ньютонъ увидалъ свѣтъ, лежалъ въ красивой долинѣ, орошаемой множествомъ ручейковъ чистой ключевой воды, на западномъ берегу рѣчки Уитамъ, которая невдалекѣ отсюда беретъ и свое начало.

Первые три года жизни Ньютонъ пользовался нѣжнымъ попеченіемъ своей матери; но тутъ она вторично вышла замужъ за Нортъ-Уитамскаго па-

стора Смита, и мальчикъ отданъ былъ на попеченіе своей бабкѣ, которая и дала ему первоначальное воспитаніе, посылая въ окрестныя деревенскія школы. Двѣнадцати лѣтъ его отдали въ классическую городскую школу въ Грантамѣ, ближайшемъ къ Вульсторпу городкѣ, чтобы дать болѣе солидное образованіе. Здѣсь Ньютонъ жилъ нахлѣбникомъ у аптекаря Кларка. Впрочемъ, мать Ньютона вовсе не имѣла въ виду сдѣлать изъ него ученаго. Она желала только, чтобы сынъ ея получилъ въ школѣ свѣдѣнія, необходимыя для управленія небольшимъ имѣніемъ, которое досталось ему въ наслѣдство отъ отца и приносило, на наши деньги, не больше 500 рублей въ годъ доходу.

Первое время школьнаго ученья Ньютонъ не считался ни талантливымъ, ни прилежнымъ мальчикомъ. По собственному признанію, онъ очень мало обращалъ вниманія на уроки учителей и потому долженъ былъ занимать мѣсто между послѣдними учениками. Вскорѣ, однако, изъ послѣднихъ учениковъ онъ сдѣлался первымъ. Поводомъ къ такой перемѣнѣ въ Ньютонѣ послужило слѣдующее обстоятельство. Однажды одинъ изъ товарищей нанесъ ему такой сильный ударъ въ животъ, что долго послѣ этого Ньютонъ чувствовалъ сильную боль. Желая отомстить своему обидчику, который былъ гораздо сильнѣе его, другимъ способомъ, Ньютонъ сталъ прилежно заниматься, чтобы стать выше его по успѣхамъ. Дѣйствительно, вскорѣ онъ достигъ своей цѣли, и удержалъ первое мѣсто во все остальное пребываніе свое въ школѣ. Получивъ, такимъ образомъ, при-

вычку къ усидчивому труду, онъ не замедлилъ вскорѣ обнаружить особыя качества своего ума. Въ часы отдыха, когда другіе мальчики предавались играмъ, его умъ былъ всегда занятъ разными соображеніями по части механики, причемъ онъ или подражалъ тому, что гдѣ-либо видѣлъ, или приводилъ въ исполненіе собственныя свои изобрѣтенія. Съ этою цѣлью онъ накупилъ себѣ пилокъ, небольшихъ топоровъ, молоточковъ и разнаго рода инструментовъ, которыми владѣлъ съ большимъ искусствомъ. Такимъ образомъ онъ устроилъ вѣтряную мельницу, водяные часы и повозку,—родъ велосипеда, которая приводилась въ движеніе лицомъ, въ нее садившимся. Когда близъ Грантама строилась вѣтряная мельница, Ньютонъ постоянно слѣдилъ за работами, и такъ хорошо изучилъ ея устройство, что сдѣлалъ модель этой мельницы, возбуждавшую общее удивленіе. Онъ ставилъ ее на крышу того дома, въ которомъ жилъ въ Грантамѣ, и она приходила въ движеніе отъ дѣйствія вѣтра на ея крылья. Недовольный точнымъ подражаніемъ оригиналу, онъ придумалъ приводить свою модель въ движеніе посредствомъ животной силы и для этого посадилъ въ нее мышь, которую называлъ мельникомъ: дѣйствуя на колесо, мельникъ этотъ приводилъ машину въ движеніе. По однимъ извѣстіямъ, мышь производила движеніе оттого, что ее дергали за шнурокъ, привязанный къ хвосту; по другимъ же извѣстіямъ, сила этого маленькаго двигателя вызывалась къ дѣйствію тщетнымъ стараньемъ его схватить кусочекъ мяса, повѣшенный надъ колесомъ.

Водяные часы, сдѣланные изъ простого ящика, который онъ выпросилъ у брата г-жи Кларкъ, были около четырехъ футовъ вышины и пропорціональной ширины, въ родѣ обыкновенныхъ часовъ. Стрѣлка циферблата приводилась въ движеніе кусочкомъ дерева, который поднимался или опускался отъ дѣйствія воды, вытекавшей каплями. Каждое утро Ньютонъ наполнялъ ихъ необходимымъ количествомъ воды. Этими часами пользовалось все семейство аптекаря Кларка, у котораго Ньютонъ жилъ нахлѣбникомъ во все время своего ученья въ Грантамской школѣ; часы оставались въ домѣ Кларка долгое время послѣ того, какъ ихъ изобрѣтатель уѣхалъ изъ Грантама. Повозка-самокатъ имѣла видъ телѣжки на четырехъ колесахъ и приводилась въ движеніе рукояткою, которую вертѣло лицо, посаженное въ экипажъ; повозка могла двигаться только по гладкой поверхности пола и не была приспособлена къ неровностямъ почвы.

Хотя Ньютонъ уже въ это время отличался разсудительностью, былъ молчаливъ, задумчивъ и почти не вмѣшивался въ игры своихъ школьныхъ товарищей, но очень любилъ доставлять имъ удовольствія научнаго характера. Онъ ввелъ въ употребленіе между школьниками пусканье бумажныхъ летучихъ змѣевъ и, какъ говорятъ, много трудился надъ опредѣленіемъ наилучшей формы ихъ, а также числа и положенія точекъ, къ которымъ нужно привязывать шнурокъ. Онъ дѣлалъ также бумажные фонари, съ которыми ходилъ въ школу въ темныя зимнія утра; часто привязывалъ онъ эти

фонари къ хвостамъ своихъ змѣевъ во время темныхъ ночей, заставляя окрестныхъ поселянъ думать, что появилась комета. Это показываетъ, что Ньютонъ не прочь былъ подшутить надъ простодушіемъ крестьянъ. Играмъ со школьными товарищами Ньютонъ предпочиталъ общество дѣвочекъ, которыя жили нахлѣбницами въ домѣ Кларка. Одна изъ нихъ, миссъ Сторей, сестра Букминстерскаго врача, была двумя или тремя годами моложе Ньютона и, какъ кажется, особенно плѣнила его какъ своею внѣшностью, такъ и женскими талантами, которыми надѣлена была въ избыткѣ. Ньютонъ очень любилъ ихъ общество, и однимъ изъ пріятнѣйшихъ его занятій было приготовленіе для нихъ шкатулокъ, шкафовъ и прочихъ бездѣлушекъ. Онъ прожилъ въ одномъ домѣ съ миссъ Сторей около шести лѣтъ, и есть основаніе думать, что ихъ дѣтская дружба превратилась мало-по-мало въ сильную страсть; но недостатокъ средствъ помѣшалъ ихъ женитьбѣ. Миссъ Сторей впослѣдствіи была дважды замужемъ. Когда она была уже въ глубокой старости (82 лѣтъ), ее посѣтилъ въ Грантамѣ д-ръ Стоклей, и отъ нея-то и узналъ нѣкоторыя подробности о годахъ дѣтства Ньютона. Привязанность къ ней Ньютона продолжалась всю его жизнь. Онъ посѣщалъ ее, когда бывалъ въ Линкольншайрѣ, и помогалъ ей въ денежныхъ затрудненіяхъ.

Къ числу юношескихъ склонностей Ньютона принадлежитъ его любовь къ живописи и стихотворству. Его комната была увѣшана множествомъ картинъ, нарисованныхъ, раскрашенныхъ и встав-

ленныхъ въ рамки имъ самимъ; иногда это были копіи, но чаще оригиналы. Въ числѣ этихъ картинъ находились портреты: доктора Донна, мистера Стокса—учителя Грантамской школы, и короля Карла I. Самыя стѣны его комнаты были покрыты рисунками птицъ, звѣрей и людей, а также математическими фигурами, тщательно исполненными.

По увѣренію г-жи Винцентъ (до замужества—миссъ Сторей), Ньютонъ, во время своего ученія въ Грантамѣ, любилъ сочинять стихи,—обстоятельство тѣмъ болѣе вѣроятное, что оно подтверждается свидѣтельствомъ еще другого лица, именно родственника семьи Ньютона, г-на Кондюита. По словамъ Кондюита, Ньютонъ самъ увѣрялъ его, съ нѣкоторымъ даже удовольствіемъ, что „превосходно писалъ стихи“, хотя былъ вообще равнодушенъ къ стихотворнымъ произведеніямъ.

Въ то время, какъ нашъ юный философъ занятъ былъ особенно тѣми изобрѣтеніями, о которыхъ мы только что говорили, умъ его не оставался невнимательнымъ и къ движеніямъ небесныхъ тѣлъ, на которыя ему суждено было впослѣдствіи пролить столь блестящій свѣтъ. Несовершенства его водяныхъ часовъ, вѣроятно, заставили его обратить вниманіе на болѣе точное измѣреніе времени, доставляемое намъ движеніемъ солнца. На дворѣ дома, въ которомъ онъ жилъ, на стѣнахъ и крышѣ зданія онъ отмѣчалъ измѣненія движенія этого свѣтила, и при помощи укрѣпленнаго стержня намѣчалъ часовыя и получасовыя дѣленія. Еще и доселѣ сохранился циферблатъ солнечныхъ часовъ, устроен-

ныхъ имъ на стѣнѣ его Вульсторпскаго домика. „Признаюсь,—говоритъ Біо, знаменитый біографъ Ньютона,—не безъ благоговѣнія я осматривалъ самъ этотъ маленькій памятникъ дѣтства великаго человѣка“.

Въ такихъ занятіяхъ Ньютонъ достигъ пятнадцатилѣтняго возраста, и дѣлалъ большіе успѣхи въ ученьѣ; но около этого времени мать его овдовѣла во второй разъ, средства ея къ жизни сдѣлались теперь ограниченны и она взяла своего сына изъ школы, думая пріучить его управлять фермою и вести торговлю ея произведеніями. Но сельскія занятія не соотвѣтствовали наклонностямъ мальчика: онъ исполнялъ свои новыя обязанности нехотя, съ нѣкоторымъ даже отвращеніемъ. Каждую субботу онъ долженъ былъ отправляться въ Грантамъ на рынокъ для продажи тамъ хлѣба и другихъ предметовъ, доставляемыхъ фермою, и для покупки всего необходимаго въ домашнемъ обиходѣ. Но такъ какъ онъ не имѣлъ еще необходимой опытности въ этихъ дѣлахъ, то ѣздилъ въ сопровожденіи вѣрнаго стараго слуги. Гостиница, гдѣ они останавливались, называлась „Голова Сарацина“, на Уэстъ-Гетѣ; но едва лошади останавливались, какъ нашъ юный философъ забывалъ свои торговыя дѣла и отправлялся на прежнюю свою квартиру, и на чердакѣ у аптекаря Кларка погружался въ чтеніе старыхъ книгъ, составлявшихъ библіотеку его пріятеля, пока старый слуга, исполнивъ всѣ порученія, не возвѣщалъ ему, что пора ѣхать домой. Иногда онъ покидалъ своего спутни-

ка еще не доѣзжая даже до города и, расположившись гдѣ-нибудь подъ изгородью около дороги, продолжалъ свои занятія—чтеніе и размышленія. На возвратномъ пути слуга заѣзжалъ за нимъ и обыкновенно находилъ его тамъ, гдѣ оставилъ. Управленіе самою фермою интересовало его не болѣе, чѣмъ торговля на Грантамскомъ рынкѣ. Чтеніе книги, устройство моделей или наблюденіе за мельницею собственнаго издѣлія, которую онъ ставилъ на какомъ-нибудь сосѣднемъ ручейкѣ, поглощали все его вниманіе, между тѣмъ какъ овцы разбредались во всѣ стороны, а лошади поѣдали или топтали хлѣбъ.

Наконецъ его мать убѣдилась на опытѣ, что сынъ ея не былъ рожденъ для земледѣльческихъ трудовъ, и такъ какъ страсть къ чтенію и нелюбовь къ какимъ бы то ни было другимъ занятіямъ росла въ немъ съ годами болѣе и болѣе, то она мудро рѣшила доставить ему всѣ преимущества, какія могло дать дальнѣйшее образованіе. Поэтому она послала его обратно въ Грантамскую школу, гдѣ онъ нѣсколько мѣсяцевъ дѣятельно готовился къ университету. Біо нѣсколько иначе разсказываетъ о поступленіи Ньютона въ университетъ. Онъ говоритъ, что это случилось такъ: „Одинъ изъ его дядей, найдя его однажды подъ изгородью съ книгою въ рукахъ, погруженнаго въ глубокое размышленіе, взялъ у него книгу и нашелъ, что онъ былъ занятъ рѣшеніемъ математической задачи. Пораженный такимъ серьезнымъ и дѣятельнымъ направленіемъ еще столь молодого человѣка, онъ угово-

рилъ его мать не противиться долѣе желаніямъ сына и послать его обратно въ Грантамъ для продолженія занятій“. Наконецъ, на восемнадцатомъ году онъ поступилъ въ Кембриджъ, въ коллегію Святой Троицы, куда былъ принятъ 5 іюня 1660 года сначала subsizar'омъ, потомъ sizar'омъ. Такъ назывались бѣдные студенты, на обязанности которыхъ лежало прислуживать богатымъ. Въ настоящее время всякій юноша, поступившій въ университетъ, никакъ не согласился бы исполнять тѣ мелкія послуги, на которыя были обречены эти бѣдняки; но въ XVII столѣтіи на дѣло смотрѣли иначе, и Ньютонъ принялъ на себя эту мелкую роль, не оскорбляясь названіемъ subsizar'a.

Прибывши въ коллегію Святой Троицы, Ньютонъ принесъ съ собою гораздо менѣе свѣдѣній, чѣмъ обыкновенный школьникъ, но такое положеніе дѣла, можетъ быть, только способствовало еще болѣе развитію его способностей. Не истощенный преждевременно, а укрѣпленный здоровымъ покоемъ, умъ его былъ болѣе способенъ пустить тѣ здоровые и быстрые побѣги, которые не замедлили вскорѣ покрыть листьями и плодами ту почву, на которую онъ былъ перенесенъ. Университетскіе обычаи того времени какъ нельзя болѣе способствовали развитію природныхъ дарованій воспитанниковъ: имъ предоставлялась полная свобода заниматься предметами по личному выбору, обязательныхъ программъ не было. Ньютонъ прежде всего обратился къ изученію математики; говорятъ, что предложенія, содержащіяся въ „Началахъ“ Эвклида, онъ

усвоилъ себѣ безъ всякаго труда,—они казались ему совершенно очевидными истинами; затѣмъ, безъ всякой предварительной подготовки и помощи, а единственно благодаря своему генію и прилежанію, онъ усвоилъ геометрію Декарта. На это пренебреженіе въ отношеніи элементарныхъ истинъ геометріи онъ смотрѣлъ впослѣдствіи какъ на важный пробѣлъ въ своихъ математическихъ занятіяхъ, и выражалъ сожалѣніе, что „принялся за сочиненія Декарта и другихъ алгебраистовъ, не изучивши предварительно Эвклида со всѣмъ вниманіемъ, какого заслуживаетъ это превосходное сочиненіе“. Отъ Декарта онъ перешелъ къ ариѳметикѣ безконечныхъ д-ра Валлиса, славнаго математика того времени, обогатившаго науку многими важными изслѣдованіями. „Логика“ Сандерсона и „Оптика“ Кеплера принадлежали также къ числу книгъ, которыя онъ тщательно изучилъ. Говорятъ, что при этихъ занятіяхъ успѣхи его были настолько велики, что въ нѣкоторыхъ отрасляхъ знанія онъ уже въ то время считалъ себя болѣе свѣдущимъ, чѣмъ туторъ*, руководившій его занятіями. Читая книги, Ньютонъ имѣлъ обыкновеніе отмѣчать все то, что, по его мнѣнію, могло быть усовершенствовано. Такимъ образомъ, изучая Валлиса, Ньютонъ самъ сдѣлалъ много очень важныхъ открытій; между прочимъ, онъ нашелъ ту знаменитую алгебраическую формулу, которая извѣстна подъ именемъ бинома Ньютона. Вскорѣ послѣ этого изученіе прекрасныхъ работъ двухъ его учителей—Барроу и Вал-

* Помощникъ профессора.

лиса естественно привело его къ величайшему открытію въ области чистой математики,—къ изобрѣтенію способа флюкцій (извѣстнаго въ настоящее время подъ именемъ дифференціальнаго исчисленія). Значеніе этого способа исчисленія громадно; достаточно сказать, что нѣтъ ни одного сколько-нибудь важнаго вопроса, какъ въ области чистой математики, такъ равно и въ приложеніи ея къ изслѣдованію природы, который можно бы было рѣшить безъ пособія этого рода исчисленія. Ньютонъ ясно сознавалъ, какимъ могучимъ рычагомъ для изслѣдованія природы онъ обладалъ, и, довольный своимъ открытіемъ, обратился къ изученію физическихъ наукъ.

Первыя его записки (сохранившіяся въ рукописи) о способѣ флюкцій явились въ 1665—6 г. Вообще, всѣ его великія математическія открытія были сдѣланы до 1666 г., когда ему не было еще и 23 лѣтъ.

Въ январѣ 1665 года Ньютонъ былъ удостоенъ степени магистра изящныхъ наукъ. Но черезъ нѣсколько мѣсяцевъ онъ долженъ былъ оставить Кембриджъ, гдѣ въ это время появилась чума, опустошавшая городъ. Онъ удалился въ свое Вульсторпское помѣстье, откуда осенью 1666 года снова вернулся въ университетъ.

Разсказываютъ, что именно въ это пребываніе Ньютона на родинѣ впервые въ умѣ его зародилась идея о всемірномъ притяженіи. Случай, наведшій Ньютона на открытіе закона тяготѣнія, состоялъ будто бы въ томъ, что однажды съ яблони,

подъ которою онъ сидѣлъ, упало передъ нимъ яблоко. Размышляя о причинѣ, заставляющей яблоко падать, Ньютонъ, какъ думаютъ, и пришелъ къ мысли о притяженіи земли, а затѣмъ и о всемірномъ тяготѣніи. Впослѣдствіи будетъ указано, насколько этотъ анекдотъ заслуживаетъ довѣрія.

Въ теченіе трехъ слѣдующихъ лѣтъ (1666, 1667 и 1668) Ньютонъ получилъ всѣ университетскія ученыя степени и, наконецъ, въ 1669 году, будучи 27 лѣтъ отъ роду, занялъ каѳедру математики и оптики, которую добровольно передалъ ему бывшій его учитель, докторъ Барроу, отдавшійся съ этихъ поръ исключительно изученію теологіи *. Ньютонъ исполнялъ свои профессорскія обязанности съ величайшимъ стараніемъ. Разсказываютъ, что въ теченіе двадцати шести лѣтъ (отъ 1669 до 1695) онъ только разъ въ годъ уѣзжалъ изъ Кембриджа на время вакацій. Обязанности его въ университетѣ состояли въ чтеніи лекцій по одному часу въ недѣлю и четыре часа въ недѣлю онъ долженъ былъ посвящать на репетиціи съ студентами коллегіи. Все остальное время онъ могъ употреблять на свои ученыя занятія.

Въ это время онъ преимущественно занятъ былъ теоріей уравненій и рядовъ.

Въ 1671 г. Стьюардъ, епископъ салисбюрійскій, извѣстный нѣкоторыми трудами по астрономіи, предложилъ Ньютона къ избранію въ члены „Лондон-

* Ньютонъ былъ вторымъ Люкасовскимъ профессоромъ: кафедра основана въ 1663 г. на капиталъ, пожертвованный Люкасомъ. Нынѣ (съ 1849 г.) ее занимаетъ физикъ Стоксъ.—Большинство каѳедръ въ англійскихъ университетахъ основаны на частныя пожертвованія.

скаго Королевскаго Общества“. Доселѣ Ньютонъ не публиковалъ еще никакого ученаго труда; а по правиламъ этого учрежденія, для вступленія въ члены „Королевскаго Общества“, нужно было представить ему какое-либо ученое изслѣдованіе. Ньютонъ прислалъ Обществу описаніе новаго расположенія отражательныхъ телескоповъ и модель этого прибора. Цѣль новаго устройства состояла въ томъ, чтобы, уменьшивъ длину телескопа, сохранить его увеличительную силу и такимъ образомъ сдѣлать приборъ болѣе удобнымъ къ употребленію. Избраніе Ньютона произошло 11-го января 1672 г. Модель, присланная Ньютономъ, была сдѣлана имъ собственноручно и доселѣ хранится въ кабинетѣ Королевскаго Общества.

Вскорѣ, однако, Ньютонъ прислалъ секретарю Общества, Ольденбургу, письмо, въ которомъ отказывался отъ чести состоять членомъ этого Общества, и вотъ по какой причинѣ. Лондонское Королевское Общество не есть учрежденіе, содержимое на счетъ государства: это есть ученое общество, которое, для сохраненія полной своей независимости, поддерживается взносами членовъ. Но въ описываемую эпоху денежныя средства Ньютона были такъ ограничены, что онъ положительно былъ не въ состояніи уплачивать обязательную для всѣхъ членовъ сумму, и вынужденъ былъ прислать упомянутое письмо. Однако, отказъ Ньютона не былъ принятъ, онъ былъ освобожденъ отъ всякой платы и остался въ средѣ Королевскаго Общества, котораго былъ лучшимъ украшеніемъ.

Въ 1688 году Ньютонъ долженъ былъ оставить на время ученые труды и выступить на поприще политической дѣятельности. Это произошло такимъ образомъ.

Король Іаковъ II, рѣшившись сдѣлать католическую религію господствующею въ Англіи, преслѣдовалъ эту цѣль всѣми средствами, какія были въ его власти. Между прочимъ, онъ приказалъ Кембриджскому университету дать степень магистра одному бенедиктинскому монаху, Френсису, не требуя отъ него клятвеннаго отреченія отъ католической религіи, предписаннаго статутами университета. Университетъ, ревниво охранявшій свои привеллегіи, отказалъ въ этомъ требованіи. Король продолжалъ настаивать. Тогда совѣтъ университета послалъ въ Лондонъ депутацію для защиты предъ лицомъ верховной коммиссіи, засѣдавшей въ Вестминстерѣ, правъ своихъ, которыми до сего времени безусловно пользовался. Въ числѣ этихъ депутатовъ былъ и Ньютонъ, ревностный защитникъ гражданской свободы и протестантской вѣры. Эта депутація высказала столько твердости въ защитѣ правъ университета, что король уступилъ, наконецъ, требованіямъ ученой коллегіи. Успѣхъ Ньютона въ этомъ дѣлѣ, а также, вѣроятно, и личныя достоинства его заставили университетъ, имѣвшій право посылать въ парламентъ одного изъ своихъ членовъ, остановить выборъ на Исаакѣ Ньютонѣ. Но въ качествѣ члена парламента Ньютонъ игралъ совершенно пассивную роль, частію потому, что въ немъ не было ни качествъ оратора, ни законодателя; частію бла-

годаря робости, которой никогда не могъ въ себѣ побѣдить. Вскорѣ онъ даже настолько охладѣлъ къ своей новой дѣятельности, что часто совсѣмъ не являлся на засѣданія. Разсказывали, что онъ только разъ рѣшился говорить въ парламентѣ, именно позвалъ сторожа, чтобы затворить окно, въ которое дулъ вѣтеръ. Въ парламентѣ онъ засѣдалъ отъ 1688 до 1695 года.

Вскорѣ послѣ вступленія въ палату общинъ Ньютонъ имѣлъ несчастіе потерять свою мать, и въ это же время здоровье его начало ухудшаться. Отсутствіе аппетита и частыя безсонницы указывали на серьезное разстройство организма. Одно обстоятельство, случившееся около этого времени, еще болѣе усилило болѣзнь и повліяло даже на состояніе его умственныхъ способностей. Однажды вечеромъ Ньютонъ былъ зачѣмъ-то вызванъ изъ своего кабинета; уходя, онъ оставилъ зажженную свѣчу на письменномъ столѣ. Въ его отсутствіе маленькая собачка, Алмазъ, къ которой онъ былъ очень привязанъ, опрокинула свѣчу, отчего загорѣлись всѣ бумаги, гдѣ онъ записывалъ свои опыты — плоды многолѣтнихъ трудовъ. Возвратясь черезъ нѣсколько минутъ, онъ нашелъ ихъ обращенными въ пепелъ. Легко представить себѣ отчаяніе, которое имъ овладѣло. Разсказываютъ, что въ первую минуту испуга онъ могъ только сказать: „ахъ, Алмазъ, Алмазъ, еслибъ ты могъ понять, какую бѣду ты мнѣ надѣлалъ!“ Горесть отъ потери этихъ драгоцѣнныхъ рукописей еще болѣе разстроила его здоровье и даже, по мнѣнію Біо, помрачила на время

его разумъ. Біо замѣчаетъ, именно, что, начиная съ 45-го года своей жизни, Ньютонъ не сдѣлалъ ни одного открытія, а въ человѣкѣ такого ума, какъ Ньютонъ, это трудно объяснить себѣ иначе, какъ острою болѣзнью. Мнѣніе Біо подтвердилось однимъ мѣстомъ въ рукописяхъ знаменитаго геометра Гюйгенса. Приводимъ это мѣсто:

„29 мая 1694 г. шотландецъ Коленъ сообщилъ мнѣ,—пишетъ Гюйгенсъ,—что знаменитый геометръ Исаакъ Ньютонъ, полтора года тому назадъ, впалъ въ умопомѣшательство, частію отъ чрезмѣрныхъ трудовъ, частію же вслѣдствіе горести, причиненной ему пожаромъ, истребившимъ его химическую лабораторію и многія важныя рукописи. Г. Коленъ прибавляетъ, что вслѣдствіе этого происшествія Ньютонъ представлялся кембриджскому архіепископу, причемъ въ разговорахъ обнаружилось умственное его разстройство. Тогда друзья взяли его для излѣченія и, заключивъ въ комнату, заставили принимать волею или неволею лѣкарства, отъ которыхъ здоровье его поправилось настолько, что теперь онъ начинаетъ уже понимать свою книгу „Начала“.

Этимъ письмомъ и подтверждается мнѣніе Біо, что временное помраченіе умственныхъ способностей и было причиною того, что во вторую половину своей ученой карьеры Ньютонъ не сдѣлалъ никакихъ открытій, ограничиваясь только улучшеніемъ сочиненій, написанныхъ задолго до катастрофы.

Доживши до пятидесятилѣтняго возраста, прославившись своими великими открытіями не только въ Англіи, но и въ цѣлой Европѣ, Ньютонъ жилъ

въ бѣдности. Ограниченныхъ средствъ, которыя онъ получалъ какъ профессоръ Кембриджскаго университета, едва доставало на прожитіе и на покупку инструментовъ, необходимыхъ для опытовъ. Только въ 1694 году его денежныя средства увеличились. Ньютонъ былъ друженъ по университету съ Карломъ Монтэгю, извѣстнымъ впослѣдствіи подъ именемъ графа Галифакса, и когда послѣдній сдѣлался канцлеромъ казначейства, онъ назначилъ Ньютона директоромъ монетнаго двора. Эта должность приносила Ньютону болѣе 9.000 руб. ежегоднаго дохода.

Мѣсто директора монетнаго двора не было, однако, синекурою: оно требовало усиленной дѣятельности. Поэтому Ньютонъ, желая весь отдаться своимъ новымъ обязанностямъ, отказался отъ каѳедры въ Кембриджѣ, передавъ ее Вистону, въ 1701 году.

Съ этихъ поръ Ньютонъ мало занимался наукою. Онъ лишился и прежней независимости и спокойствія. Со всѣхъ сторонъ на него посыпались доносы, сплетни. Нѣкто Шалоне, парламентскій чиновникъ, открылъ въ громадномъ размѣрѣ выпускъ фальшивой монеты. Въ числѣ обвиняемыхъ имъ по этому дѣлу онъ указалъ на директора монетнаго двора. Разслѣдованіе дѣла показало, однако, что преступникомъ былъ самъ Шалоне. Онъ былъ казненъ.

Въ одинъ годъ съ назначеніемъ Ньютона директоромъ монетнаго двора онъ былъ избранъ въ члены Парижской Академіи Наукъ.

Въ 1701 году Кембриджскій университетъ во второй разъ послалъ его депутатомъ въ палату общинъ.

Въ 1703 году онъ былъ избранъ президентомъ Лондонскаго Королевскаго Общества на мѣсто лорда Сомерса и занималъ эту должность непрерывно въ теченіе 23 лѣтъ, т.-е. до своей смерти. Все это время онъ былъ представителемъ науки и ученыхъ старой Англіи.

Въ 1705 году королева Анна, посѣтивъ Кембриджъ, пожаловала Ньютону рыцарское достоинство.

Съ этихъ поръ и до конца жизни Ньютонъ былъ на высотѣ почестей и научной славы.

Ознакомившись въ этомъ очеркѣ съ главными фактами жизни Ньютона, посмотримъ, какова была нравственная личность этого человѣка и каковы были свойства его генія.

По свидѣтельству Кондюита, Ньютонъ былъ средняго роста, имѣлъ живой проницательный взглядъ, спокойное выраженіе лица и бѣлокурые волосы, скрытые подъ парикомъ, по обычаю того времени. Въ послѣдніе годы жизни онъ растолстѣлъ, глаза его потеряли прежній блескъ, зрѣніе сдѣлалось слабо.

Въ обществѣ Ньютонъ говорилъ мало. Его привычки были самыя простыя; онъ отличался строгою воздержностью въ пищѣ, одѣвался безъ всякой изысканности и вообще во всемъ отличался умѣренностью. Онъ жилъ уединенно и, будучи постоянно погруженъ въ глубокія научныя размышленія, отличался разсѣянностью. Иногда, вставая отъ сна, онъ долго сидѣлъ на постели полуодѣтый, погрузившись въ размышленія, забывая обо всемъ окру-

жающемъ, и проводилъ въ такомъ положенiи по нѣскольку часовъ. Иногда онъ забывалъ обѣдать, если ему объ этомъ не напоминали. Разсказываютъ, что однажды онъ думалъ, что уже обѣдалъ, хотя въ дѣйствительности еще ничего не ѣлъ и имѣлъ сильный аппетитъ. Анекдотъ этотъ разсказанъ другомъ Ньютона, докторомъ Стоклеемъ. Стоклей часто приходилъ къ Ньютону обѣдать. Разъ, прождавши довольно долго хозяина, онъ съѣлъ цыплятъ, которые были поданы на обѣдъ, и, собравъ остатки на блюдѣ, прикрылъ ихъ крышкою. Черезъ нѣсколько часовъ является, наконецъ, Ньютонъ изъ кабинета и говоря, что очень голоденъ, открываетъ крышку. Но, видя остатки, тотчасъ же встаетъ, говоря: „ахъ, я думалъ, что еще не обѣдалъ, но вижу, что ошибся".

Ньютонъ всегда отличался робостью въ обществѣ—слѣдствiе уединенной созерцательной жизни, какую онъ велъ. Таково было, напримѣръ, его поведенiе въ парламентѣ въ 1714 году. Былъ предложенъ и прочитанъ билль о поощренiи за открытiе способа опредѣлять долготу на морѣ. Когда спросили мнѣнiя Ньютона, онъ не отвѣчалъ словесно, а изложилъ свое мнѣнiе на бумагѣ, и затѣмъ не отвѣчалъ ни одного слова на возраженiя другихъ членовъ. Уайстонъ, сидѣвшiй сзади его, наконецъ, сказалъ, что Ньютонъ не отвѣчаетъ потому, что боится скомпрометировать себя, но что онъ стоитъ за принятiе билля. Но и послѣ этого Ньютонъ продолжалъ хранить молчанiе. Билль былъ принятъ.

Характеръ его былъ именно таковъ, какого мы вправѣ ожидать въ виду его интеллектуальныхъ совершенствъ. „То, что я тотчасъ же открылъ въ немъ, говоритъ Д-ръ Пембертонъ, удивило меня и вмѣстѣ съ тѣмъ обрадовало. Ни его почтенныя лѣта, ни его громкая слава не сдѣлали его ни высокомѣрнымъ, ни заносчивымъ. У меня много доказательствъ этому. Мои замѣчанія на Principia, съ которыми я постоянно обращался къ нему письменно, онъ всегда принималъ благосклонно. Оказывалось, что они не причиняли ему ни малѣйшей непріятности; напротивъ: онъ всегда отзывался обо мнѣ хорошо предъ моими друзьями, а меня не разъ почтилъ публичными заявленіями добраго съ своей стороны мнѣнія“.

Его скромность въ отношеніи къ его великимъ открытіямъ проистекала не изъ равнодушія къ славѣ, которою они его покрыли, и не изъ ложнаго сужденія о ихъ маловажности для науки; вся жизнь его доказываетъ, что онъ зналъ себѣ цѣну и всегда готовъ былъ, когда признавалъ нужнымъ, отстоять и доказать свои права на то или другое открытіе. Скромность его коренилась въ глубинѣ и обширности его познаній, которыя показывали ему, какую незначительную область природы онъ былъ въ силахъ изучить, и сколько еще оставалось неизвѣданнаго. Въ величіи мірозданія раскрылось предъ нимъ его собственное ничтожество, и незадолго до смерти онъ въ такихъ словахъ выразилъ свое настроеніе: „я не знаю, что люди будутъ думать о моихъ трудахъ; мнѣ же кажется, что я былъ по-

хожъ на ребенка, играющаго на берегу моря и собирающаго то блестящіе камешки, то красивыя раковины, тогда какъ великій океанъ глубоко скрываетъ истину отъ моихъ глазъ" * Каковъ урокъ тѣмъ хвастливымъ философамъ, которымъ никогда не удалось найдти ни одного гладкаго камешка, ни одной красивой раковины!

Присущая ему дѣтская простота прекрасно отражается въ томъ трогательномъ письмѣ, гдѣ онъ признается Локку, что сурово объ немъ думалъ и говорилъ, а смиреніе и откровенность, съ которыми онъ проситъ забыть объ этомъ, могли исходить только изъ чистой и благородной души. И не въ этомъ одномъ случаѣ выказалась его доброта и скромность.

Упрекали его въ отсутствіи безпристрастія въ нѣкоторыхъ ученыхъ спорахъ, и въ подтвержденіе приводили его полемику съ Лейбницемъ по поводу открытія дифференціальнаго исчисленія. Ньютонъ утверждалъ, что Лейбницъ заимствовалъ у него методъ дифференціальнаго исчисленія и приписалъ себѣ его открытіе. Между тѣмъ, Лейбницъ пришелъ къ своему открытію совершенно независимо отъ изслѣдованій Ньютона. Въ этомъ спорѣ оба великіе ученые увлеклись личностями. Оправданіемъ Ньютону можетъ служить въ данномъ случаѣ поведеніе его противника, рѣшившагося въ своей защитѣ прибѣгнуть къ несовсѣмъ красивымъ средствамъ. Такъ, Лейбницъ распространилъ анонимное

---

* Въ другомъ мѣстѣ онъ пишетъ: „Если я видѣлъ дальше другихъ, то потому только, что стоялъ на плечахъ гигантовъ".

письмо, оскорбительное для чести Ньютона, обвинялъ его предъ принцессою Уэльскою (почитательницею Ньютона) въ невѣріи, доказывая при этомъ, что нѣкоторыя изъ его сочиненій крайне опасны въ религіозномъ отношеніи, какъ тождественныя съ ученіемъ матеріалистовъ, что эти сочиненія подрываютъ истинную религію въ Англіи, и, наконецъ, отзывался съ презреніемъ о такомъ великомъ открытіи Ньютона, какъ законъ всемірнаго тяготѣнія. Успѣхъ Ньютона въ этомъ спорѣ былъ полный во всѣхъ отношеніяхъ. Ньютону не разъ приходилось выдерживать тягостныя препирательства съ разными лицами, несправедливо оспаривавшими у него первенство его открытій: кромѣ спора съ Лейбницемъ, извѣстны постоянныя препирательства съ Гукомъ: завистливый и талантливый Гукъ приписывалъ себѣ первенство открытій и въ теоріи тяготѣнія, и въ оптикѣ. Только смерть Гука положила предѣлъ этимъ тягостнымъ спорамъ, и Ньютонъ могъ свободно вздохнуть.

Проникнутый глубокимъ религіознымъ чувствомъ, Ньютонъ никому не позволялъ въ своемъ присутствіи выражаться легкомысленно и въ шутливомъ тонѣ о вопросахъ религіи. Такъ, однажды онъ заставилъ замолчать извѣстнаго астронома Галлея, неуважительно относившагося къ религіознымъ вопросамъ, слѣдующими словами: „я изучалъ эти вещи, вы же нѣтъ".

Ньютонъ былъ благотворителенъ и, благодаря большому жалованью, которое онъ получалъ какъ директоръ монетнаго двора, и простотѣ своей жиз-

ни, много дѣлалъ добра, помогая своимъ родственникамъ и нуждавшимся друзьямъ.

Ньютонъ никогда не былъ женатъ; его юношеская страсть къ миссъ Сторей, какъ выше было сказано, не увѣнчалась бракомъ.

Таковы были нравственныя черты Ньютона.

Обращаясь къ анализу Ньютоновскаго генія, въ виду его славныхъ математическихъ открытій, нужно сказать, что умъ его былъ въ высшей степени одаренъ тѣми качествами, изъ которыхъ слагается математическій геній. Онъ обладалъ опредѣленностью воззрѣній, твердостью и быстротой въ отысканіи логической связи, изобрѣтательностью и постояннымъ стремленіемъ къ обобщенію. И дѣйствительно, отчетливость его геометрическихъ воззрѣній видна какъ въ его дѣтскихъ занятіяхъ (въ устройствѣ мельницъ, часовъ), такъ и въ легкости, съ какою онъ изучалъ геометрію. Изобрѣтательность, плодовитость и высокая способность обобщенія доказывается всѣми математическими и астрономическими его трудами. Онъ отличался неимовѣрнымъ терпѣніемъ, неослабнымъ вниманіемъ къ возникающимъ въ умѣ идеямъ и къ развитію результатовъ ихъ. Когда его спрашивали, какимъ путемъ онъ сдѣлалъ свои открытія, онъ отвѣчалъ: „я постоянно думалъ о нихъ". Въ другой разъ онъ говорилъ: „я постоянно держу въ умѣ предметъ моего изслѣдованія и терпѣливо жду, пока первый проблескъ постепенно и мало-по-малу не превратится въ полный и блестящій свѣтъ". Эта способность неослабнаго слѣдованія за возникающею въ умѣ

идеей была до такой степени развита въ немъ, что всецѣло овладѣвала его умомъ, дѣлая его невнимательнымъ къ обыкновеннымъ жизненнымъ впечатлѣніямъ. Отсюда легко объясняются приведенные выше разсказы о его крайней разсѣянности. Эти разсказы, вѣроятнѣе всего, относятся къ тому періоду его жизни, когда онъ писалъ свои „Начала“. Поглощенный величіемъ тѣхъ задачъ, разрѣшеніе которыхъ онъ отыскивалъ, „онъ жилъ только для того,—говоритъ Біо,—чтобы мыслить и вычислять“. Даже при его необыкновенныхъ способностяхъ, то, что онъ сдѣлалъ, требовало необычайнаго напряженія мысли.

Итакъ, Ньютонъ принадлежитъ къ разряду тѣхъ спеціально для математики организованныхъ головъ, которыхъ такое удивительное множество явилось въ XVII-мъ столѣтіи, какъ будто бы общее развитіе человѣчества въ Европѣ привело къ этому. Поступивши на 18-мъ году возраста въ Коллегію Троицы, почти безъ всякой подготовки, онъ скоро привелъ въ изумленіе своего учителя легкостью и самостоятельностью, съ которыми усвоивалъ теоремы геометріи. Но есть два рода математическихъ головъ: однѣ отличаются большею склонностью къ анализу, другія—къ геометріи. По характеру своего генія, Ньютонъ былъ болѣе геометръ, нежели аналистъ; въ своихъ изслѣдованіяхъ онъ отдавалъ преимущество прямымъ, нагляднымъ геометрическимъ методамъ, облекая ихъ въ одѣяніе геометріи древнихъ. Такимъ образомъ, по духу, по своимъ воззрѣніямъ и стремленіямъ, Ньютонъ сто-

ялъ ближе къ современному намъ направленію математики, нежели къ аналистамъ прошлаго столѣтія. Кромѣ того, въ его отношеніи къ математикѣ есть особая характерная черта: онъ смотрѣлъ на математику скорѣе какъ на средство, нежели какъ на цѣль: овладѣвъ методомъ флюкцій, онъ тотчасъ примѣняетъ его къ вопросамъ механики вселенной, приведя его въ тѣснѣйшую связь съ требованіями механическаго мышленія; даже, какъ можно заключить изъ первыхъ его набросковъ флюкціоннаго метода, кажется, въ этой формѣ, онъ впервые и возникъ въ его головѣ. Итакъ, по характеру генія, Ньютона слѣдуетъ отнести къ физико-математикамъ, каковыми такъ богато его отечество: стоитъ припомнить имена Уильяма Томсона—царя современныхъ физиковъ, недавно умершаго Максвелла, Тэта и др. Онъ обладалъ и столь необходимымъ для физика талантомъ остроумнаго и изобрѣтательнаго экспериментатора,—сочетаніе, рѣдко встрѣчающееся въ исторіи науки. Изъ сказаннаго заключаемъ, что высокій подъемъ знанія, какимъ человѣчество обязано Ньютону, обусловливался рѣдкимъ сочетаніемъ въ одномъ лицѣ геніальнаго математическаго дара съ талантомъ искуснаго экспериментатора; сочетаніемъ необычайнаго напряженія и упорства мысли, не останавливавшейся ни передъ какими трудностями предмета, но вновь и вновь возвращающейся къ нему послѣ первыхъ неудачъ, съ врожденною способностью устранять изъ области изслѣдованія все чуждое и неважное и сосредоточивать все вниманіе на главномъ пунктѣ предмета. Далѣе, въ очеркѣ

процесса открытія закона тяготѣнія, мы увидимъ, какимъ образомъ одинъ Ньютонъ, благодаря этой способности, съумѣлъ сразу найти ключъ къ доказательству сказаннаго закона въ Кеплеровскихъ законахъ движенія планетъ, т. е. сосредоточить все свое вниманіе именно на томъ пунктѣ, гдѣ и слѣдовало искать разгадки тайны, въ то время какъ другіе, какъ Гукъ, Уарренъ, Галлей, при всей проницательности и талантливости, тщетно искали этой разгадки и не могли натолкнуться на тотъ путь, на которомъ слѣдовало искать рѣшенія вопроса. Въ основѣ Ньютоновской логики изслѣдованія лежало убѣжденіе, что успѣхи науки возможны только при условіи, если мы не забываемъ, что *наука естествознанія основана на опытѣ, или математическихъ выводахъ изъ опыта*, а никакъ не на дедукціи изъ произвольно поставленныхъ гипотезъ. Эта мысль, положенная имъ въ основу логики трезваго изслѣдованія, выражена имъ въ извѣстномъ афоризмѣ: „Hypotheses non fingo“. Она подробна развита имъ въ „правилахъ философствованія“; но объ этомъ рѣчь впереди.

Внѣшняя жизнь Ньютона, сначала въ Кембриджѣ, а потомъ въ Лондонѣ и Кенсингтонѣ, протекала однообразно, хотя пережитая имъ эпоха обнимала собою многознаменательное время въ исторіи Англіи, простираясь отъ Карла I почти до конца царствованія Георга I: онъ пережилъ періодъ двухъ революцій, смѣну Стюартовъ, эпоху Кромвеля, реставрацію, правленія оранскаго и ганноверскаго домовъ. Въ Лондонѣ онъ жилъ съ большимъ комфортомъ,

держалъ карету и шесть человѣкъ прислуги. Онъ отличался гостепріимствомъ и радушіемъ, иногда давалъ обѣды, хотя чуждъ былъ хвастовства и чванства.

На восьмидесятомъ году онъ началъ страдать каменною болѣзнью, но все еще здоровье его было сносно въ теченіе пяти лѣтъ, и только послѣдніе двадцать дней своей жизни онъ провелъ въ тяжкихъ страданіяхъ. Фонтенель, въ похвальномъ словѣ Ньютону, такъ описываетъ его послѣдніе дни: „было рѣшено навѣрное, что болѣзнь его происходила отъ камня въ мочевомъ пузырѣ и что выздоровленіе стало невозможно. Въ припадкахъ жестокой боли, такъ что капли пота покрывали лицо, онъ не испускалъ ни одного крика, не выражалъ даже знакомъ нетерпѣнія; когда же наступало нѣсколько минутъ отдыха, онъ улыбался и говорилъ съ своей обычной веселостью. До сихъ поръ онъ всегда читалъ или писалъ по нѣскольку часовъ въ день. Въ субботу, 18-го марта, утромъ, онъ еще читалъ газеты и долго бесѣдовалъ съ докторомъ Мэдомъ, знаменитымъ врачемъ; онъ вполнѣ обладалъ всѣми чувствами и умомъ. Но около 6 часовъ вечера потерялъ сознаніе, которое къ нему уже не возвращалось, какъ будто способности его души угасли окончательно, а не ослабли. Онъ умеръ въ слѣдующій за этимъ понедѣльникъ, 20-го марта 1727 г., между 1 и 2 часомъ дня, восьмидесяти пяти лѣтъ отъ роду.

„Его тѣло было выставлено на парадномъ мѣстѣ, въ Іерусалимской камерѣ, откуда оно было

отнесено въ то мѣсто, гдѣ погребаются знаменитые люди, а иногда и коронованныя особы. Его отнесли въ Вестминстерское аббатство; катафалкъ поддерживали великій лордъ-канцлеръ, герцоги Монтросъ и Роксбургъ, графы Пемброкъ, Суссексъ и Макльсфильдъ—члены Королевскаго Общества. Эти шесть пэровъ Англіи, исполнявшіе эту торжественную обязанность, достаточно доказываютъ, сколько знаменитыхъ особъ участвовали въ торжественномъ погребеніи. Служилъ епископъ рочестерскій со всѣмъ духовенствомъ церкви. Тѣло было зарыто у входа на хоры“.

Въ 1731 году родственники его воздвигли ему великолѣпный памятникъ, украшенный фигурами юношей, которые держатъ въ рукахъ эмблемы главнѣйшихъ открытій Ньютона. Одна фигура держитъ призму, другая — отражательный телескопъ, третья взвѣшиваетъ на безменѣ солнце и планеты, четвертая занимается у плавильной печи, и двѣ фигуры нагружены новоотчеканенными монетами. На саркофагѣ представленъ самъ Ньютонъ въ спокойной позѣ: онъ опирается локтями на свои произведенія. Двое стоящихъ передъ нимъ юношей держатъ свитокъ, на которомъ изображены чертежъ, относящійся въ солнечной системѣ, а сверху—сходящаяся строка (биномъ). Позади саркофага находится пирамида; изъ средины ея наполовину выступаетъ глобусъ, на которомъ обозначены многія созвѣздія для указанія пути кометы 1680 г., которой періодъ былъ опредѣленъ Ньютономъ, а также положеніе колюра солнцеворота, при

помощи котораго Ньютонъ установилъ въ своей хронологіи время похода аргонавтовъ. Астрономія, царица наукъ, изображена сидящею на глобусѣ, со скипетромъ въ рукѣ; она въ слезахъ. Вершина пирамиды заканчивается звѣздою. На памятникѣ помѣщена слѣдующая надпись:

Hic situs est
Isaacus Newton, Eques Auratus,
Qui animi vi prope divina,
Planetarum motus, figuras,
Cometarum semitas, Oceanique aestus,
Sua Mathesi facem praeferente,
Primus demonstravit.
Radiorum Lucis dissimilitudines,
Colorumque inde nascentium proprietates,
Quas nemo antea vel suspicatus erat, pervestigavit,
Naturae, Antiquitatis, S. Scripturae,
Sedulus, sagax, fidus Interpres,
Dei Opt. Max. Majestatem philosophia asseruit,
Evangelii simplicitatem moribus expressit.
Sibi gratulentur Mortales, tale tantum que exti tisse
Humani generis decus.

Natus XXV Decemb. MDCXLII. Obiit XX Mar. MDCCXXVII.

Въ переводѣ это значитъ:

Здѣсь покоится
Рыцарь сэръ Исаакъ Ньютонъ,
Который почти небесною силою духа
Движеніе планетъ, фигуры,
Пути кометъ, приливъ и отливъ океана,
Руководимый своею математикою,
Первый доказалъ.
Разнородность свѣтовыхъ лучей,

Особенности возникающихъ отсюда цвѣтовъ,
Чего никто раньше его даже не подозрѣвалъ, онъ изслѣдовалъ,
Природы, древностей, Священнаго Писанія
Прилежный, остроумный и вѣрный истолкователь,
Величіе Всемогущаго Бога прославилъ онъ своей философіей,
А жизнью далъ образецъ Евангельской чистоты.
Пусть же возрадуются смертные, что среди ихъ жило
Это украшеніе человѣческаго рода.

Родился 25 Декабря 1642, умеръ 20 Марта 1727.

Въ началѣ 1731 г. была выбита въ Тоуэрѣ въ честь Ньютона медаль; на одной сторонѣ ея находится его изображеніе съ изрѣченіемъ: Felix cognoscere causas, а на другой сторонѣ фигура, представляющая математику.

4 февраля 1755 г. поставлена была передъ капеллою Коллегіи Троицы въ Кембриджѣ пышная статуя Ньютона, въ человѣческій ростъ, сдѣланная изъ бѣлаго мрамора. Здѣсь онъ представленъ въ легкой мантіи, съ призмою въ рукѣ, смотрящимъ на небо съ выраженіемъ глубочайшей думы на челѣ. На пьедесталѣ стихъ изъ Лукреція:

Qui genus humanum ingenio superavit.
Тому, кто превзошелъ геніемъ родъ человѣческій.

Эту статую, работы Рубильяка, поставилъ на свой счетъ ученикъ Ньютона Д-ръ Робертъ Смитъ, авторъ „Полной системы оптики", профессоръ астрономіи и экспериментальной физики въ Кембриджѣ.

Кромѣ этого, Д-ръ Смитъ завѣщалъ еще 500 ф. для исполненія картины на стеклѣ южнаго окна Коллегіи Троицы въ Кембриджѣ. Картина должна была изображать Ньютона стоящимъ предъ коро-

лемъ Георгомъ I; король возсѣдаетъ подъ балдахиномъ и держитъ въ рукѣ лавровый вѣнокъ; возлѣ него британская Минерва, подающая королю совѣтъ почтить заслугу въ лицѣ великаго изслѣдователя. У подножія трона лордъ-канцлеръ Бэконъ предлагаетъ внести въ списки предполагаемую Ньютону награду. Картина эта была исполнена Ципріани и стоила 100 гиней.

Кромѣ статуи работы Рубильяка, въ библіотекѣ Коллегіи Троицы имѣется еще бюстъ Ньютона, исполненный тѣмъ же художникомъ. Есть еще нѣсколько портретовъ Ньютона; два изъ нихъ находятся въ залѣ Лондонскаго Королевскаго Общества; кажется, что съ нихъ и сняты были портреты гравюры. Портретъ работы Вандербанка находится въ одной изъ комнатъ Коллегіи Троицы; другой портретъ, работы Валентина Риттса, находится у входа въ библіотеку той же коллегіи; лучшій портретъ, работы сэра Годфри Кнеллера, принадлежалъ лорду Эгремонту въ Потворттѣ. Въ Университетской библіотекѣ находится бюстъ, отлитый съ маски, снятой тотчасъ послѣ смерти Ньютона. Итакъ, англійская нація не принимала никакого участія въ воздаяніи почестей Ньютону; памятники и статуи были воздвигнуты частными лицами. Д-ръ Стоклей, посѣтившій Вульсторпскій домикъ при жизни Ньютона, 13 Октября 1721 г., такъ описываетъ его въ письмѣ къ Мэду въ 1727 г: „Домъ выстроенъ изъ камня, какъ обыкновенно строятъ въ этой мѣстности, и находится еще въ довольно хорошемъ состояніи. Меня провели въ него и пока-

зали рабочую комнату сэра Исаака, гдѣ онъ занимался, какъ я думаю, въ года юности, когда жилъ еще въ деревнѣ, а также когда пріѣзжалъ изъ университета на каникулы къ матери. Я замѣтилъ, что книжныя полки были собственной работы, ибо онѣ сдѣланы были изъ досокъ ящиковъ, въ которыхъ онъ, по всей вѣроятности, отправлялъ въ такихъ случаяхъ свое платье и книги“.

Въ 1798 г. домикъ былъ возобновленъ, и въ комнатѣ, гдѣ родился Ньютонъ, поставлена была доска изъ бѣлаго мрамора съ слѣдующей надписью: Sir Isaak Newton, son of Iohn Newton, Lord of the manor of Woolsthorpe, wos born in this room on the 25 December 1642.

Nature and Nature's laws lay hib in nigbt,
God said „Let Newton be“, and all was Light.

(Сэръ Исаакъ Ньютонъ, сынъ Джона Ньютона, лорда Вульсторпской усадьбы, родился въ этой комнатѣ 25 Декабря 1642.

Природа и ея законы были покрыты мракомъ;
Богъ рекъ: да будетъ Ньютонъ! и бысть повсюду свѣтъ.)

Въ Брьюстеровской біографіи Ньютона, изданной въ 1831 г., значится, что домъ принадлежалъ въ то время какому то Джону Уоллертону. На немъ были еще видны солнечные часы Ньютона; но оба указателя уже отвалились. Знаменитой яблони, о которой сохранилось преданіе, что упавшее съ нея яблоко впервые обратило мысли Ньютона на изслѣдованіе тяжести, уже не было; она

была сломана бурей еще въ 1820 г. Остатки ея и донынѣ сохраняются въ видѣ стула.

Комнаты, которыя Ньютонъ занималъ въ Кембриджѣ, находятся около большихъ воротъ Троицкой Коллегіи; полагаютъ, что въ то время онѣ соединялись лѣстницею съ обсерваторіей большой башни; въ устройствѣ этой обсерваторіи участвовали своими деньгами Ньютонъ, Котесъ и другіе. Отражательный телескопъ, работы самого Ньютона, сохраняется, какъ уже было упомянуто, въ библіотекѣ Лондонскаго Королевскаго Общества. Принадлежавшіе Ньютону глобусъ, квадрантъ, компасъ, отражательный телескопъ и пр. находятся въ библіотекѣ Тринити-Колледжъ. Здѣсь же хранится локонъ его серебристыхъ волосъ. Дверца его книжнаго шкафа находится въ музеѣ Королевскаго Общества въ Эдинбургѣ.

Рукописи, письма и прочія бумаги Ньютона сохраняются въ различныхъ коллекціяхъ. Переписка съ Котесомъ по поводу второго изданія Принципій, заключающая въ себѣ отъ 60 до 100 писемъ, значительная часть рукописи этого произведенія, и 2 или 3 письма къ Д-ру Кейлю, по поводу спора съ Лейбницемъ, хранятся въ библіотекѣ Троицкой Коллегіи. Письма Ньютона къ Фламстеду (около 34) сохраняются въ Оксфордѣ, въ Коллегіи Тѣла Христова.

Оставшуюся послѣ Ньютона денежную сумму въ 32000 фунтовъ получили его племянники и племянницы. Вульсторпскую усадьбу получилъ законный наслѣдникъ Джонъ Ньютонъ; впослѣдствіи, въ 1732 г., она перешла въ чужія руки. Преемникомъ Нью-

тона по должности директора монетнаго двора былъ его племянникъ, Джонъ Кондюитъ.

Какъ современники, такъ и потомство одинаково признали Ньютона величайшимъ представителемъ точной мысли. „Какъ геометръ и какъ экспериментаторъ, говоритъ Біо, Ньютонъ не имѣетъ себѣ равныхъ; эти качества достигли въ немъ небывалой до сего времени высоты“.—Какіе бы изъ ученыхъ трудовъ Ньютона ни разсматривали, говоритъ В. Гершель, всегда мы останавливаемся въ удивленіи передъ силою его генія. Мы не можемъ отказать ему въ такомъ высокомъ уваженіи, какого въ дѣлѣ науки никто и никогда еще не заслуживалъ. Его время было временемъ полной зрѣлости человѣческаго разума. Все, что было сдѣлано до него, можно сравнить съ несовершенными попытками дѣтства или многообѣщающей, хотя и неопытной еще, юности. Что касается ученыхъ работъ, слѣдовавшихъ за его открытіями, то какъ бы значительны и изумительны онѣ ни были, ихъ никогда нельзя поставить на одинаковую высоту съ открытіями, изложенными въ „Началахъ“.—Склоняясь передъ геніемъ Ньютона, какъ передъ небывалымъ проявленіемъ энергіи человѣческой мысли, Лагранжъ говорилъ о себѣ, что онъ родился слишкомъ поздно: система міра была уже открыта. Закончимъ нашъ очеркъ жизни Ньютона словами поэта, написанными къ его памятнику: „Этотъ мраморъ говоритъ намъ о смерти Ньютона, но время, природа и небо свидѣтельствуютъ о его безсмертіи!“

Окончивъ пересказъ небогатой событіями внѣшней жизни Ньютона, переходимъ къ изложенію его внутренней жизни, его открытій: въ нихъ и сосредоточивается весь интересъ этой славной жизни.

ГЛАВА III.

Открытія Ньютона въ астрономіи. — Законъ всемірнаго тяготѣнія; что было сдѣлано въ этомъ направленіи предшественниками Ньютона; заслуга Ньютона. — „Начала“ (Principia); ихъ содержаніе. — Причина тяготѣнія; гипотеза Ньютона. — Фарадей — о тяготѣніи. — Теорія Лесажа. — Мысли Ньютона относительно прочности солнечной системы; современное ученіе по этому вопросу. — Открытія въ области физики. — Анализъ свѣтового луча. — Слѣдствія. — Теорія истеченія. — „Оптика“; ея содержаніе. — Другія изслѣдованія по физикѣ. — Математическіе труды; способъ флюкцій; характеристики этого метода. — Изслѣдованія по химіи. — Хронологія. — Богословіе. — Руководящія правила относительно изслѣдованія природы (Regula philosophandi).

Обращаясь къ изложенію ученыхъ трудовъ Ньютона, мы разсмотримъ ихъ въ порядкѣ научнаго значенія, начавъ съ важнѣйшихъ и окончивъ второстепенными. На первомъ мѣстѣ мы помѣщаемъ его объясненіе системы міра: это — краеугольный камень, на которомъ зиждется слава Ньютона. Затѣмъ разсмотримъ его изслѣдованія въ физикѣ, укажемъ на открытія его въ чистой математикѣ; наконецъ, бросимъ взглядъ и на другіе, менѣе важные, труды его по химіи, хронологіи и теологіи.

Открытія Ньютона въ области астрономіи.

Какъ извѣстно, астрономія была единственною отраслью естествознанія, которая разработывалась древними съ нѣкоторымъ успѣхомъ. Еще халдеи и египтяне ознакомились настолько съ движеніями солнца и луны, что могли предсказывать затмѣнія. Греки, унаслѣдовавшіе восточную мудрость, къ сожалѣнію, пошли ложнымъ путемъ. Ошибка ихъ состояла въ томъ, что въ своихъ выводахъ они опирались не на факты, доставляемые наблюденіемъ небесныхъ явленій, а, наоборотъ, наблюдаемыя явленія старались вывести изъ предположеній (гипотезъ), ни на чемъ не основанныхъ. Философія Аристотеля приняла за основаніе принципъ, что движенія небесныхъ тѣлъ управляются особыми законами, неимѣющими ничего общаго съ законами, которымъ подчинены движенія земныхъ тѣлъ. Очевидно, при такомъ положеніи дѣла астрономія не могла двигаться впередъ.

Средніе вѣка, въ теченіе которыхъ царствовала философія Аристотеля, были временемъ полнѣйшаго застоя въ развитіи естествознанія и только въ XV столѣтіи является Коперникъ и указываетъ истинную систему міра, по которой солнце находится въ центрѣ планетной системы, а планеты движутся вокругъ него по кругамъ. Хотя главныя начала геліоцентрической системы Коперника легли непоколебимо въ основаніе новѣйшей астрономіи, но истинная планетная система очень отличается отъ Коперниковой, и это различіе заключается не

въ исправленіяхъ и дополненіяхъ, но въ существенныхъ измѣненіяхъ, сдѣланныхъ великимъ Кеплеромъ въ концѣ XVI столѣтія.

Наблюденія его современника Тихо-де-Браге, превосходившія точностью всѣ прежнія, когда-либо дѣланныя наблюденія, дали ему возможность сравнить движеніе планетъ по теоріи Коперника съ ихъ истиннымъ движеніемъ. Сравненіе это показало, что мѣста, назначаемыя планетамъ на небѣ для извѣстнаго времени теоріею Коперника, часто различались отъ дѣйствительно занимаемыхъ ими въ это время мѣстъ на 8 минутъ. Такимъ образомъ допущеніе, что планеты движутся по кругамъ, внѣ центра которыхъ находится солнце—оказалось неудовлетворительнымъ и Кеплеру удалось съ успѣхомъ замѣнить кругъ другою кривою.

„Восемь минутъ всего, говоритъ Кеплеръ, были поводомъ къ реформаціи астрономіи“.

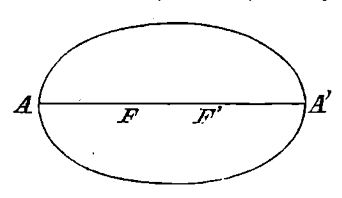
Необыкновенныхъ, едва понятныхъ усилій стоило этому геніальному труженику дойти до истиннаго вида кривыхъ линій, описываемыхъ планетами, и до законовъ движенія по этимъ кривымъ. „Тотъ, говоритъ онъ, кому покажутся скучными мои трудныя вычисленія, пусть пожалѣетъ обо мнѣ, потому—что я долженъ былъ повторять ихъ не менѣе какъ по 70 разъ, между тѣмъ какъ ему стоитъ разъ прочесть ихъ“. Замѣтимъ, что каждое изъ такихъ вычисленій занимаетъ 10 страницъ въ листъ.

Результаты многолѣтнихъ трудовъ Кеплера, результаты такого умственнаго напряженія, которое, по собственнымъ словамъ его, „мучило его почти

до безумія“ (diu nos torserat pene ad insaniam) помѣщены въ его безсмертномъ твореніи: „Новая астрономія или физика неба, основанная на изученіи движенія Марса по наблюденіямъ Тихо Браге“. Когда кругъ былъ отвергнутъ, когда нужно было замѣнить его другою кривою, то, конечно, нечего было обращаться къ древнимъ: ни комментаріями, ни всѣми аппаратами схоластической науки нельзя было выжать изъ ихъ сочиненій того, чего въ нихъ не было,—оставалось одно: изъ наблюденій опредѣлить видъ кривой, и этотъ-то путь привелъ Кеплера къ истинѣ. Не останавливаясь на подробностяхъ, приводимъ результаты, которые добылъ Кеплеръ; они заключаются въ слѣдующихъ трехъ законахъ Кеплера.

Первый законъ. Каждая планета описываетъ около солнца эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце *).

*) Что за кривая эллипсъ, показываетъ слѣдующее разъясненіе. Взявъ на листѣ бумаги двѣ точки F, F', укрѣпимъ въ нихъ концы нити, длина которой была бы больше прямой линіи, соединяющей точки F и F'; затѣмъ, натянувъ нить карандашомъ, чертимъ остріемъ его по бумагѣ, наблюдая, чтобы нить была постоянно натянута. Остріе начертитъ половину кривой, другую половину которой получимъ, перенеся нить по другую сторону прямой FF'. Вся эта кривал и называется *эллипсомъ*. Точки F и F' называются *фокусами* эллипса. Разстояніе отъ какой нибудь точки эллипса до фокуса называется *радіусомъ-векторомъ*. Прямая, проходящая черезъ оба фокуса и соединяющая двѣ точки A и A' эллипса, называется *большою осью*. Средина этой оси называется центромъ кривой.



Если, не измѣняя положенія фокусовъ, будемъ уменьшать длину нити, то будутъ получаться эллипсы болѣе и болѣе сплюснутые; при удлиненіи нити, наоборотъ, эллипсы будутъ все больше приближаться по формѣ къ кругу.

Второй законъ. Площади, описанныя радіусами-векторами планеты около фокуса—солнца, пропорціональны временамъ.

Третій законъ. Квадраты временъ обращеній планетъ около солнца пропорціональны кубамъ среднихъ разстояній ихъ отъ солнца.

Эти законы выражаютъ движенія не только тѣхъ планетъ, которыя были извѣстны во времена Кеплера, но и всѣхъ тѣхъ, которыя были открыты послѣ него; они прилагаются безъ всякаго измѣненія и къ орбитамъ, которыя спутники описываютъ около своихъ планетъ. Наконецъ, какъ доказалъ Ньютонъ, эти же законы управляютъ движеніемъ кометъ; они же управляютъ движеніемъ тѣхъ метеорныхъ кучъ, которыя обращаются въ нашей солнечной системѣ. Однимъ словомъ, законы эти имѣютъ совершенно общій характеръ.

Очевидно, теперь слѣдовало опредѣлить ту общую причину, ту силу, которая обусловливаетъ всѣ эти движенія.

Преданіе говоритъ, что Ньютону принадлежитъ первоначальная идея объяснить всѣ эти движенія взаимнымъ притяженіемъ тѣлъ, и мы выше привели разсказъ, встрѣчающійся у всѣхъ біографовъ Ньютона, что къ идеѣ притяженія онъ былъ приведенъ случайнымъ наблюденіемъ паденія яблока. Однако, трудно допустить, чтобы этотъ фактъ игралъ такую рѣшительную роль, чтобы онъ повелъ за собою такія великія послѣдствія. Знаменитый геометръ Гауссъ положительно отвергалъ этотъ разсказъ. Онъ говорилъ: „не понимаю, какъ можно

предполагать, чтобы этотъ случай могъ ускорить или замедлить такое открытіе. Вѣроятно, дѣло происходило такимъ образомъ: однажды къ Ньютону пришелъ глупый и нахальный человѣкъ и спрашивалъ его, какимъ образомъ онъ могъ дойти до такого великаго открытія. Ньютонъ, увидѣвъ, съ кѣмъ онъ имѣетъ дѣло, и желая отвязаться, отвѣчалъ, что ему упало на носъ яблоко, — и это совершенно удовлетворило любознательность того господина". Весьма вѣроятно, что анекдотъ о яблокѣ прибавленъ былъ поверхностными умами къ разсказу Пембертона, который онъ слышалъ отъ самого Ньютона, о томъ, какъ развивались прогрессивно мысли Ньютона о тяготѣніи. „Первыя мысли, — говорится въ этихъ разсказахъ, — которыя подали поводъ къ сочиненію „Principia", пришли Ньютону въ то время, когда онъ, въ 1666 г., удалился изъ Кембриджа, по поводу появившейся тамъ заразы, въ деревню; ему было тогда 24 года. Когда онъ здѣсь одинъ гулялъ по саду, ему пришли въ голову разныя соображенія о силѣ тяжести. Тамъ какъ эта сила не уменьшается замѣтно на самыхъ далекихъ разстояніяхъ отъ центра земли, какихъ только мы можемъ достигнуть, — ни на верхушкахъ высочайшихъ строеній, ни на вершинахъ высочайшихъ горъ, — то ему показалось совершенно естественнымъ предположить, что дѣйствіе этой силы простирается гораздо дальше, чѣмъ это обыкновенно думаютъ: можетъ быть даже оно простирается до луны, подумалъ онъ, и если такъ, то можетъ быть оно вліяетъ на

движеніе луны, а можетъ быть даже и самыя эти движенія луны по ея орбитѣ суть ничто иное, какъ дѣйствія той же самой силы". Изъ этого разсказа можно заключить, что уже въ то время онъ обдумывалъ вопросъ о тяготѣніи, и что идея о всемірномъ тяготѣніи представлялась ему совершенно отчетливо и ясно. Величіе Ньютона заключается здѣсь въ томъ, что онъ совершенно ясно понялъ, что небесныя движенія тождественны съ земными, совершенно однородны, а потому къ тѣмъ и другимъ примѣнимы одни и тѣ же законы.

Великія открытія никогда не бываютъ дѣломъ одного человѣка,—имъ предшествуетъ обыкновенно цѣлый рядъ подготовительныхъ работъ. Догадки, болѣе или менѣе близкія къ истинѣ, витаютъ въ умахъ многихъ поколѣній, пока наконецъ явится могучій умъ, способный точнымъ образомъ формулировать и доказать принципъ, къ которому были болѣе или менѣе близки его предшественники. Такъ было и въ данномъ случаѣ. Предшествовавшія работы расчистили путь къ открытію Ньютона; заслуга же Ньютона состоитъ въ томъ, что онъ съумѣлъ „математически доказать законъ тяготѣнія и обобщить его".—„Онъ былъ,—говоритъ Ланге,—не только первымъ, достигшимъ цѣли, но онъ и разрѣшилъ задачу съ такою величественною общностью и вѣрностью и пролилъ, такъ сказать, мимоходомъ такое обиліе лучей свѣта на всѣ части механики и физики, что „Начала" („Principia") были бы книгой, возбуждающей удивленіе, если бы даже главное положеніе новаго ученія и

не оправдалось на дѣлѣ такимъ блестящимъ образомъ, какъ это было въ дѣйствительности".

Попытаемся дать очеркъ генезиса идеи тяготѣнія, насколько позволяютъ это историческія свидѣтельства отъ древнѣйшихъ временъ до самой эпохи Ньютона. Въ этомъ изложеніи мы будемъ слѣдовать Дюрингу. *

Представленіе о притяженіи или о стремленіи небесныхъ тѣлъ въ ихъ движеніи къ нѣкоторому центру имѣетъ въ себѣ нѣчто настолько общее и естественно навязывающееся уму, что въ своемъ неопредѣленномъ видѣ кажется какъ бы непосредственно связаннымъ съ мыслью о круговомъ обращеніи. Въ самомъ дѣлѣ, какъ скоро мы вообразимъ себѣ вращеніе около нѣкотораго центра, тотчасъ само собою является представленіе, что этотъ центръ и есть центръ притяженія, уклоняющій движущееся тѣло въ свою сторону въ каждой части его пути, а отсюда уже одинъ шагъ къ допущенію, что и реальная причина, иначе—сила, дѣйствуетъ въ направленіи къ центру. Итакъ, представленіе о движеніи около центра непосредственно ведетъ за собою и представленіе о стремленіи къ центру. То, что мы находимъ уже въ древнѣйшихъ идеяхъ и въ умозрѣніяхъ древняго міра, въ сущности и есть ничто иное, какъ мысль о такомъ неопредѣленномъ стремленіи. Но отъ этого смутнаго, и почти вполнѣ еще лишеннаго значенія, представленія до полной, всесторонней опредѣленности собственно Ньютонов-

* Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. E. Dühring. 1877.

ской идеи тяготѣнія—еще слишкомъ далеко: тутъ слѣдуетъ различать нѣсколько посредствующихъ ступеней въ развитіи идеи. Итакъ, говоря о предшественникахъ Ньютона, мы должны тщательно отличать различные стадіи въ генезизѣ понятія о притяженіи.

Послѣ сказаннаго мы не особенно удивимся, встрѣчая уже въ Плутарховыхъ Moralia, въ бесѣдѣ о лунѣ, воззрѣнія, нѣсколько напоминающія современныя наши представленія о комбинаціи двухъ силъ, обусловливающихъ движеніе луны; хотя, конечно, воззрѣнія эти весьма еще неопредѣленны и являются случайнымъ предвкушеніемъ позднѣйшихъ концепцій о паденіи луны. Плутархъ, сравнивая движеніе луны съ движеніемъ камня въ пращѣ, не падающаго при быстромъ круговомъ движеніи, говоритъ, что каждое тѣло движется прирожденнымъ ему движеніемъ, если какая-нибудь причина не отклоняетъ его; поэтому, нечего удивляться тому, что луна, уносимая круговымъ движеніемъ, не падаетъ, а, напротивъ, было бы удивительно, еслибы, будучи неподвижною она не упала бы на землю вслѣдствіе своей **тяжести**. Изъ этого и подобныхъ извѣстій объ античныхъ представленіяхъ не слѣдуетъ, конечно, заключать, чтобы тогда уже имѣлись опредѣленныя воззрѣнія, но слѣдуетъ принять, что идеи древнихъ о круговыхъ движеніяхъ, уклоненіяхъ и т. п. не всегда были на столько немотивированными и нераціональными, какъ склонны объ этомъ думать еще и теперь.

Понятіе объ уклоненіи къ центру могло быть, въ тѣ отдаленныя времена, еще слишкомъ далекимъ

отъ опредѣленной идеи о дѣйствительномъ паденіи. Что такое паденіе на землю и что означаетъ при этомъ, такъ сказать, сила паденія,—представленіе объ этомъ, выработанное Галилеемъ, было совсѣмъ отлично отъ тѣхъ еще смутныхъ представленій, которыя имѣлись у его предшественниковъ и у древнихъ. Сравненіе космическихъ движеній съ паденіемъ могло получить строгій смыслъ не раньше, чѣмъ явленіе, съ которымъ сравнивалось неизвѣстное, было глубже постигнуто и изслѣдовано. Отсюда понятно, что только тѣ представленія о притяженіи могутъ имѣть смыслъ настоящаго тяготѣнія, которыя слѣдовали за эпохою Галилея. Примѣромъ этихъ раннихъ, весьма еще несовершенныхъ представленій о функціяхъ тяжести, могутъ служить идеи великаго основателя новой астрономіи. Коперникъ представлялъ себѣ, что тяжесть есть нѣкоторое естественное стремленіе (appetentia) къ центру, что этимъ свойствомъ Божественный Строитель вселенной надѣлилъ частицы вещества, дабы онѣ могли соединяться другъ съ другомъ и образовать сферы, и что круглая форма массъ свидѣтельствуетъ о всеобщемъ распространеніи тяжести. Буквально онъ говоритъ слѣдующее: „я думаю, что тяжесть есть ничто иное, какъ присущее частицамъ естественное стремленіе, въ силу котораго онѣ соединяются въ одно цѣлое, образуя сферы; позволительно думать, что свойство это принадлежитъ и солнцу, лунѣ и остальнымъ планетамъ, и въ силу его они и сохраняютъ сферическій видъ“.

Кеплеръ, открывшій тѣ астрономическіе факты, которые и сдѣлали возможною теорію тяготѣнія, имѣлъ о всеобщемъ притяженіи уже весьма опредѣленныя представленія. Онъ утверждалъ, что въ солнцѣ существуетъ извѣстная сила, которая движетъ вокругъ него всѣ небесныя тѣла, находящіяся въ сферѣ ея вліянія. Замѣчательно его мнѣніе, что при движеніи луны и земли на встрѣчу другъ другу первая прошла-бы $\frac{53}{54}$ всего пути, между тѣмъ какъ земля, по причинѣ ея бо̀льшей массы, прошла бы на встрѣчу лунѣ лишь сравнительно небольшую остальную часть пути. Разницу въ скоростяхъ обращенія планетъ около солнца онъ приписывалъ вліянію неодинаковой величины инерціи массъ, каковую должна преодолѣвать исходящая изъ солнца сила, производящая движеніе планетъ. Силу эту онъ сравнивалъ съ магнитною силою, которая походитъ на нее тѣмъ, что также дѣйствуетъ на разстояніи и также производитъ тѣмъ меньшее дѣйствіе, чѣмъ больше дѣлается разстояніе. Но очевидно, что это сравненіе весьма неудовлетворительно, потому-что не объясняетъ, какимъ образомъ солнце производитъ на разстояніи движеніе какой нибудь планеты, имѣющее косвенное направленіе относительно линіи, по которой дѣйствуетъ сила солнца. Чтобы помочь этому затрудненію, онъ представлялъ потокъ жидкой матеріи, текущей вокругъ солнца и увлекающей за собою планеты, подобно тому, какъ ручей уноситъ лодку. Такимъ образомъ воззрѣнія Кеплера весьма сходны съ извѣстною теоріей вихрей Декарта.

Уподобленіе притяженія магнитной силѣ встрѣчаемъ въ XVI-мъ вѣкѣ и у Гротса (Grots) въ комментаріяхъ къ сочиненію Бонардо „О размѣрѣ небесныхъ сферъ". Онъ говоритъ, что небесныя тѣла удерживаются въ пространствѣ въ равновѣсіи нѣкотораго рода магнитнымъ притяженіемъ отдаленныхъ тѣлъ.

И однакоже Кеплеръ, не смотря на блестящіе результаты, которыхъ онъ достигъ, не могъ выработать ни чистаго представленія о всеобщемъ тяготѣніи, ни придти къ точному закону измѣненія этой силы съ разстояніемъ. Что же мѣшало ему въ этомъ? Очевидно, не недостатокъ геніальности, о которой свидѣтельствуютъ какъ эмпирическія его изслѣдованія, такъ и умозрительныя. Причина была иная, и заключалась въ томъ, что пережившій его современникъ его Галилей только полагалъ еще основаніе динамики, и что теорія центральнаго движенія, выработанная Гюйгенсомъ, появилась уже по смерти Кеплера, а безъ этой теоріи задача не могла быть рѣшена. Насколько недостаточны были у Кеплера основныя динамическія представленія, видно изъ того, что хотя онъ и представлялъ себѣ инерцію покоющейся матеріи какъ нѣчто такое, что противопоставляло движенію сопротивленіе, пропорціональное массѣ, но косность въ формѣ сохраненія скорости была ему неизвѣстна, такъ что для объясненія движенія планетъ ему потребовалось допустить дѣйствіе непрерывнаго толканія, въ видѣ потока жидкой матеріи, уносящей планеты.

Около того времени, когда и Ньютонъ былъ уже занятъ размышленіями о тяготѣніи, слѣдовательно, годами двадцатью раньше того, какъ онъ выступилъ съ законченною уже теоріей, у различныхъ авторовъ обнаружились очень ясно слѣды энергіи, съ которою факты и мысли стремились къ новому открытію. Въ этомъ отношеніи слѣдуетъ въ особенности упомянуть о Борелли, который въ своей работѣ о спутникахъ Юпитера (Theoricae Mediceorum planetarum ex causis physicis deductae), появившейся во Флоренціи въ 1666 г., весьма отчетливо объясняетъ, какимъ образомъ планеты около солнца, а спутники около своихъ центральныхъ тѣлъ, удерживаются на своихъ орбитахъ дѣйствіемъ центральнаго притяженія, уравновѣшиваемаго центробѣжною силою, порождаемою движеніемъ самихъ планетъ. Самъ Ньютонъ не отрицалъ, что первоначальная мысль объяснить движенія планетъ тяжестью принадлежитъ Борелли.

Самый законъ измѣненія силы притяженія обратно пропорціонально квадратамъ разстояній былъ допущенъ знаменитыми современниками Ньютона— Гукомъ, Галлеемъ и кавалеромъ Уарреномъ, хотя они и не могли доказать его.

21-го мая, 1666 года, Гукъ произвелъ въ Королевскомъ Обществѣ опыты, которыми старался обнаружить, измѣняется ли вѣсъ тѣлъ на различныхъ разстояніяхъ отъ земли, начиная съ самыхъ большихъ возвышенностей до самой наибольшей глубины, какой только можно достигнуть. Но эти опыты были сдѣланы весьма неточно, почему и не

дали удовлетворительныхъ результатовъ. Тогда Гукъ предложилъ для той же цѣли употреблять часы съ гирями, ходъ которыхъ слѣдовало наблюдать на различныхъ высотахъ.

Два мѣсяца спустя Гукъ произвелъ передъ членами Королевскаго Общества другой опытъ съ цѣлію объяснить то обстоятельство, что криволинейный видъ планетныхъ орбитъ зависитъ отъ совмѣстнаго дѣйствія двухъ силъ: первоначальнаго толчка, сообщеннаго планетѣ, и притягательной силы, исходящей изъ нѣкотораго центра.

Его опытъ состоялъ въ слѣдующемъ: къ потолку залы былъ привѣшенъ маятникъ, состоявшій изъ нити, къ свободному концу которой былъ привязанъ деревянный шаръ; этотъ шаръ представлялъ планету. Отклоняли маятникъ отъ вертикальнаго положенія и сообщали ему толчокъ въ бокъ, перпендикулярно къ плоскости отклоненія. Маятникъ такимъ образомъ побуждался двумя силами, изъ которыхъ одна есть самый толчокъ, а другая—тяжесть, стремящаяся привести тѣло въ прежнее, вертикальное положеніе; эта послѣдняя сила представляетъ собою притяженіе солнца. Когда бокового толчка не было, шаръ двигался въ одной плоскости. Если толчокъ былъ слабъ, шаръ описывалъ весьма растянутый эллипсъ. Отъ болѣе сильнаго толчка эллипсъ все болѣе и болѣе приближался къ кругу, такъ что при нѣкоторой опредѣленной силѣ толчка получался совершенный кругъ. Еще сильнѣйшіе толчки давали новые эллипсы, расположенные только иначе чѣмъ прежніе. Это было довольно вѣрное

изображеніе планетныхъ орбитъ, съ тою только разницей, что въ случаѣ движеній планетъ притяженіе направлено въ одинъ изъ фокусовъ эллипса, между тѣмъ какъ въ опытѣ Гука тѣло притягивается къ центру орбиты.

Такимъ образомъ Гукъ выводилъ объясненіе движеній небесныхъ тѣлъ изъ трехъ предположеній: 1) что всѣ небесныя тѣла обнаруживаютъ силу притяженія или тяжести, направленную къ ихъ центру, вслѣдствіе которой, говоритъ онъ, „эти тѣла не только поддерживаютъ свои собственныя части и не дозволяютъ имъ падать въ пространство, какъ мы это видимъ на землѣ, но, кромѣ того, они притягиваютъ также и другія небесныя тѣла, находящіяся въ сферѣ ихъ дѣйствія; 2) что всѣ тѣла, разъ приведенныя въ движеніе равномѣрное и прямолинейное, должны двигаться неопредѣленное время по прямой, до тѣхъ поръ, пока другія силы не заставятъ ихъ измѣнить свой путь на кривую линію; 3) притягательная сила обнаруживается съ большею энергіею по мѣрѣ того, какъ тѣла, на которыя она дѣйствуетъ, приближаются къ центру, изъ котораго она исходитъ. Но какова эта пропорція,—прибавляетъ онъ,—я не могъ опредѣлить этого опытнымъ путемъ". Но уже въ то время догадывались, что притягательная сила солнца измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстояній, хотя и не могли вполнѣ установить этотъ законъ. Гукъ, несмотря на его необыкновенную талантливость, не могъ доказать этотъ законъ именно потому, что не обладалъ математическимъ геніемъ.

Этотъ очеркъ показываетъ, что во второй половинѣ XVII столѣтія общая задача о притяженіи была достаточно освѣщена трудами физиковъ и астрономовъ. Ньютону принадлежитъ честь математическаго доказательства и обобщенія закона тяготѣнія.

Какимъ же путемъ достигъ Ньютонъ рѣшенія этой задачи?

Въ элементарномъ очеркѣ, каковъ нашъ, нельзя дать вполнѣ обстоятельнаго отвѣта на этотъ вопросъ; такой отвѣтъ требуетъ обширнаго и строго-математическаго изложенія. Мы можемъ только въ общихъ чертахъ дать понятіе о томъ, какова была комбинація идей, приведшая Ньютона къ его безсмертному открытію.

Размышляя о природѣ силы, заставляющей тѣла падать по направленію къ центру земли и не ослабѣвающей замѣтно даже на вершинахъ высочайшихъ горъ, Ньютонъ задаетъ себѣ вопросъ, не простирается ли дѣйствіе этой силы и на луну, не эта ли сила удерживаетъ нашего спутника на его орбитѣ? Если луна, въ самомъ дѣлѣ, удерживается въ своемъ движеніи вокругъ земли силою земного притяженія, то и планеты, движущіяся вокругъ солнца, должны удерживаться на своихъ орбитахъ притяженіемъ этого свѣтила. Но если такое притяженіе существуетъ, то его постоянство или измѣняемость, равно какъ и сила его дѣйствія на различныхъ разстояніяхъ отъ солнца, должны обнаруживаться въ различныхъ скоростяхъ, съ которыми планеты пробѣгаютъ свои орбиты; а слѣдовательно законъ

дѣйствія этой силы нужно искать въ законахъ самыхъ этихъ движеній. Такимъ образомъ опредѣленіе закона тяготѣнія приведено было Ньютономъ въ связь съ законами планетныхъ движеній, уже открытыми Кеплеромъ. Законы Кеплера должны были указать ему, какова связь, соединяющая солнце съ другими тѣлами планетной системы.

Исходнымъ пунктомъ является здѣсь тотъ фактъ, выведенный Кеплеромъ изъ наблюденій, что планеты описываютъ вокругъ солнца криволинейныя орбиты, притомъ съ различными скоростями. Но начало инерціи матеріи, составляющее одну изъ основныхъ аксіомъ механики, учитъ насъ, что движеніе совершенно свободнаго тѣла, т.-е. такого, на которое не дѣйствуютъ никакія внѣшнія силы, должно быть необходимо равномѣрнымъ и прямолинейнымъ. Между тѣмъ, движеніе всякой планеты не есть ни равномѣрное, ни прямолинейное. Прямое заключеніе отсюда, что существуетъ какая-то сила, непрестанно измѣняющая и направленіе и скорость планеты. Каково же направленіе этой силы? Каковъ законъ ея напряженія? Первые два закона Кеплера отвѣчаютъ на эти вопросы.

Второй законъ Кеплера говоритъ, что радіусы-векторы планетъ описываютъ площади пропорціональныя временамъ. Ньютонъ доказываетъ, что если постоянная сила, существованіе которой необходимо для объясненія криволинейности движенія планетъ, направлена къ солнцу, то описываемыя площади въ точности слѣдуютъ закону пропорціональности, найденному Кеплеромъ; онъ до-

казываетъ далѣе, что при всякомъ другомъ направленіи сказанной силы площади не были бы пропорціональны временамъ.

И такъ, вотъ уже опредѣлено направленіе силы, удерживающей планеты на ихъ орбитахъ. Направленіе это есть прямая, соединяющая планету съ солнцемъ. Однимъ словомъ, сила эта исходитъ изъ самаго солнца.

Но какъ измѣняется напряженіе этой силы съ измѣненіемъ разстоянія планеты отъ солнца при движеніи планеты по ея орбитѣ? Каковъ законъ, по которому измѣняется это напряженіе въ различныхъ точкахъ орбиты одной и той же планеты? Если что можетъ пролить свѣтъ на этотъ вопросъ, то это, безъ сомнѣнія, самый видъ орбиты, ея элиптическая форма, указываемая первымъ закономъ Кеплера, и постоянное положеніе солнца въ одномъ изъ фокусовъ кривой. Первый законъ Кеплера, въ самомъ дѣлѣ, далъ Ньютону полное рѣшеніе этой задачи.

Ньютонъ доказалъ, что какъ скоро дана элиптическая орбита, то центральная сила, постоянно направленная къ солнцу и заставляющая планету описывать площади, пропорціональныя временамъ, должна имѣть различное напряженіе въ различныхъ точкахъ эллипса, а именно: для двухъ какихъ-либо разстояній планеты отъ солнца напряженіе притягательной силы должно быть обратно пропорціонально квадратамъ этихъ разстояній. Ньютонъ не остановился на прямомъ рѣшеніи задачи; онъ предложилъ себѣ и обратный вопросъ, именно: если

тѣло находится подъ вліяніемъ центральной притягательной силы, напряженіе которой измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній отъ центра притяженія, то должно ли это тѣло непремѣнно описывать эллипсъ? Анализъ задачи показалъ ему, что искомою орбитою, описываемою около солнца, какъ фокуса, можетъ быть не только эллипсъ, но и парабола и гипербола, т.-е. одна изъ кривыхъ, называемыхъ коническими сѣченіями. Наблюденія показываютъ, въ самомъ дѣлѣ, что планеты и ихъ спутники двигаются по эллипсамъ, равно какъ и нѣкоторыя кометы; большая же часть извѣстныхъ доселѣ кометъ описываетъ при своемъ движеніи параболы, или эллипсы, но настолько растянутые въ направленіи большой оси, что небольшія дуги этихъ кривыхъ, описываемыя въ то время, когда кометы видимы съ земли, почти невозможно отличить отъ дугъ параболы. Наконецъ, достовѣрно извѣстно, что нѣкоторыя кометы описываютъ гиперболическія орбиты.

И такъ, законъ тяготѣнія былъ математически доказанъ для движенія, происходящаго по одной и той же орбитѣ: было доказано, что движеніе одной и той же планеты или кометы по ея орбитѣ обусловливается силою, дѣйствующею обратно пропорціонально квадратамъ разстояній движущагося тѣла отъ центра притяженія — солнца. Глубокій анализъ Ньютона не только открылъ физическій законъ планетныхъ движеній, но шагнулъ далеко за предѣлы, въ которыхъ стояло наблюденіе въ его время, распространивъ этотъ законъ на тѣ изъ не-

бесныхъ тѣлъ (кометы), которыя въ то время еще считались непринадлежащими къ солнечной системѣ. Позднѣе, прилагая свои вычисленія къ знаменитой кометѣ 1680 года, Ньютонъ доказалъ, что она слѣдовала въ своихъ движеніяхъ тѣмъ же законамъ, какъ и планеты, и такимъ образомъ сразу положилъ основаніе кометной астрономіи.

Теперь Ньютону слѣдовало распространить законъ измѣненія напряженія притягательной силы, доказанный для движенія по одной и той же орбитѣ, на сравнительныя движенія всѣхъ планетъ около солнца.

Но прежде чѣмъ приступить къ рѣшенію этой новой задачи во всей ея общности, Ньютонъ возвратился къ тому вопросу, который поставилъ себѣ въ самомъ началѣ своихъ изслѣдованій этого рода, т.-е. къ движенію луны и дѣйствію на нее земного тяготѣнія. Простирается ли, въ самомъ дѣлѣ, дѣйствіе земного притяженія до луны?— Вотъ вопросъ, рѣшеніемъ котораго занялся теперь Ньютонъ.

Луна обращается вокругъ земли точно такъ, какъ земля и планеты движутся вокругъ солнца. Ея орбита есть эллипсъ, по которому она движется съ большею или меньшею быстротою, смотря по разстояніямъ ея отъ земли. Однимъ словомъ, первые два закона Кеплера къ ней приложимы, и слѣдовательно сила, удерживающая луну на ея орбитѣ, постоянно направлена къ фоксу этой орбиты — къ землѣ, а напряженіе ея измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній. Но къ центру же земли стремятся падающія тѣла у поверх-

ности земли; а потому дѣйствія тяжести, повидимому, имѣютъ столь тѣсную аналогію съ силою, дѣйствующею на луну, что тождество этихъ силъ нуждается лишь въ провѣркѣ. Оставалось убѣдиться лишь въ томъ, составляетъ ли напряженіе тяжести у поверхности земли, т.-е. въ разстояніи отъ центра земли равномъ радіусу ея, уменьшенное въ отношеніи квадрата разстоянія отъ земли до луны, т.-е. раздѣленное на 3,600 (квадратъ 60 — числа, выражающаго это разстояніе въ радіусахъ земли), дѣйствительно мѣру силы, удерживающей луну на ея орбитѣ.

Сравненіе это приводится къ вычисленію, по извѣстному движенію луны и по размѣрамъ ея орбиты, разстоянія, на которое падаетъ луна къ землѣ въ теченіе времени настолько короткаго, чтобы силу въ это время можно было считать постоянною, напр. въ минуту; затѣмъ, нужно только убѣдиться, составляетъ ли количество это, измѣряющее напряженіе дѣйствія земли на луну, ровно $^{1}/_{3600}$-ю часть пространства, пробѣгаемаго у поверхности земли въ минуту тѣломъ, падающимъ подъ вліяніемъ земного притяженія.

Если въ минуту луна проходитъ дугу LL′, то паденіе ея въ это время къ землѣ выражается линіей LA, которую легко вычислить, зная радіусъ LT лунной орбиты, т.-е. разстояніе отъ земли до луны. Во времена Ньютона было уже извѣстно, что разстоя-

ніе это составляетъ 60 земныхъ радіусовъ, но самый радіусъ земли не былъ еще въ то время (1665—1666) достаточно хорошо извѣстенъ. Число, найденное Ньютономъ для мѣры силы, удерживающей луну на ея орбитѣ, было на $^1/_5$ меньше того, какое должно бы было получиться изъ отождествленія этой силы съ земною тяжестью.

Это несогласіе вычисленія съ наблюденіемъ заставило Ньютона предположить, что какая-то неизвѣстная причина, можетъ быть, аналогичная Декартовскимъ вихрямъ, измѣняетъ для луны всеобщій законъ тяготѣнія, справедливый относительно планетъ. Но онъ ни на минуту не усомнился въ справедливости своего закона.

Это происходило въ 1666 г. Ньютонъ на время оставилъ свои астрономическія изысканія и занялся оптикою и чистою математикою.

Наконецъ, въ маѣ 1682 г., находясь въ залѣ собранія Королевскаго Общества и ожидая начала засѣданія, онъ услыхалъ разговоры о новомъ измѣреніи меридіана, сдѣланномъ во Франціи Пикаромъ. Всѣ отзывались съ большими похвалами о той тщательности, съ какою было сдѣлано это измѣреніе. Величина земного радіуса, найденная изъ измѣреній Пикара, значительно разнилась отъ той, которою пользовались до этого времени. Тотчасъ же Ньютонъ задаетъ себѣ вопросъ: различіе между его вычисленіями и наблюденіями не зависитъ ли отъ того, что величина земного радіуса, взятая въ его вычисленіяхъ, была ошибочна? Онъ записываетъ число, найденное Пикаромъ, и спѣшитъ

домой, чтобы повторить вычисленія 1666 г., употребляя новую величину радіуса земли. По мѣрѣ того, какъ вычисленія его приближались къ концу, желаемое согласіе между результатомъ вычисленія и наблюденіемъ обнаруживалось все яснѣе и яснѣе. Ньютонъ былъ такъ взволнованъ этимъ успѣхомъ, что не могъ долѣе продолжать вычисленіе и просилъ одного изъ своихъ друзей окончить его.

На этотъ разъ согласіе теоретическаго результата съ наблюденіями было полное. Было доказано, слѣдовательно, что обращеніе луны около земли было результатомъ притяженія луны землею. Ньютонъ выразилъ это положеніе въ слѣдующихъ словахъ: „Луна тяготѣетъ къ землѣ и силой этого тяготѣнія постоянно уклоняется отъ прямолинейнаго движенія и удерживается на своей орбитѣ".

И такъ, дѣйствіе земной тяжести простирается далеко за предѣлы земли и ея атмосферы и оказываетъ свое вліяніе въ отдаленныхъ небесныхъ пространствахъ. Опираясь на основной законъ или аксіому механики, по которой всякое дѣйствіе, оказываемое однимъ тѣломъ на другое, сопровождается равнымъ и противоположнымъ ему противодѣйствіемъ, Ньютонъ заключилъ, что и земля, въ свою очередь, тяготѣетъ къ лунѣ. Затѣмъ, разсматривая законы планетныхъ движеній, движеній спутниковъ около ихъ планетъ, спутниковъ Юпитера и Сатурна и находя вездѣ совершенное тождество этихъ законовъ между собой и съ законами движенія лу-

ны вокругъ земли и земли вокругъ солнца, Ньютонъ спрашиваетъ себя, не представляютъ ли эти центральныя силы, производящія всѣ указанныя движенія, и измѣняющіяся въ своемъ напряженіи въ каждомъ случаѣ обратно пропорціонально квадратамъ разстояній,—не представляютъ ли они одну и ту же силу, тождественную съ земною тяжестью?

Третій законъ Кеплера, связывающій размѣры большихъ осей орбитъ съ продолжительностью обращеній планетъ, не зависитъ отъ того, будетъ ли эллипсъ растянутъ или сжатъ; этотъ законъ имѣлъ бы поэтому мѣсто и въ томъ случаѣ, еслибы каждая планета описывала около солнца кругъ, но, уже понятно, движеніемъ равномѣрнымъ. Упростивъ такимъ образомъ задачу, Ньютонъ могъ теперь сравнить между собой центральныя силы, удерживающія р а з л и ч н ы я планеты на ихъ орбитахъ, и нашелъ, что эти силы пярмо пропорціональны массамъ планетъ и обратно пропорціональны квадратамъ разстояній ихъ отъ солнца. И такъ, силы эти измѣняются отъ одной планеты къ другой совершенно по тому же закону, по которому измѣняется напряженіе силы въ томъ случаѣ, когда одна и та же планета, двигаясь по своей орбитѣ, находится последовательно въ разныхъ разстояніяхъ отъ солнца.

Что же иное можно заключить изъ всего этого, какъ не то, что одна и та же сила, тождественная съ земною тяжестью, есть общая причина движеній всѣхъ планетъ, и что этою силой, которую Ньютонъ назвалъ т я г о т ѣ н і е м ъ или п р и т я ж е н і е м ъ, дѣйствуютъ: солнце на планеты, планеты

на своихъ спутниковъ и, по закону противодѣйствія, спутники и планеты на солнце.

Ньютонъ не останавливается на этомъ обобщеніи; онъ идетъ далѣе и дѣлаетъ послѣдній исполинскій шагъ въ своихъ обобщеніяхъ. Доказавъ, что между всѣми тѣлами солнечной системы дѣйствуютъ силы, тождественныя съ земною тяжестью, онъ задаетъ вопросъ, не существуютъ ли такія силы во всѣхъ частичкахъ планетной матеріи и не составляютъ ли силы этихъ частичекъ всей совокупности силъ солнечной системы? Ньютонъ полагаетъ (Princ., кн. III, теор. 7), что доказательство, которое убѣждаетъ насъ въ томъ, что тяжесть дѣйствуетъ вообще относительно планетъ, доказываетъ также и дѣйствіе тяжести относительно ихъ частей. Однакоже, такое расширеніе доказательства не достаточно убѣдительно; умъ нашъ удовлетворится не прежде, пока мы найдемъ рѣшительные примѣры и вычисленія, оправдывающіе справедливость предположенія. Путь, которымъ предстояло Ньютону рѣшить этотъ вопросъ, былъ таковъ: допустивъ, что законъ притяженія, обратно пропорціональнаго квадратамъ разстояній, справедливъ относительно частичекъ, слѣдовало убѣдиться—справедливъ-ли онъ относительно массъ. Ньютонъ доказалъ это для тѣлъ, имѣющихъ сферическую форму, форму сфероида съ малымъ эксцентрицитетомъ. Тоже предположеніе онъ приложилъ къ объясненію явленій приливовъ и отливовъ, предваренія равноденствій и нѣкот. друг. Вычисливъ количество дѣйствія въ каждомъ случаѣ, онъ пока-

залъ, что слѣдствія предположенія были во всемъ согласны съ фактами. Такимъ путемъ пришелъ Ньютонъ къ той великой истинѣ, что всякая частица матеріи, во всякое время, во всѣхъ мѣстахъ и при всѣхъ обстоятельствахъ притягиваетъ всякую другую частичку матеріи съ силою, прямо пропорціональною произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональною квадратамъ разстояній. Законъ этотъ Ньютонъ назвалъ закономъ всеобщаго тяготѣнія.

Обладая этимъ открытіемъ, Ньютонъ могъ разрѣшить множество великихъ задачъ: онъ могъ теперь найти сравнительную величину массъ различныхъ планетъ, опредѣлить сжатіе земли, найти причину прилива и отлива волнъ океана и множество другихъ не менѣе важныхъ задачъ. „Таковы были — говоритъ Біо,—величіе и важность предметовъ, которые открывались размышленію Ньютона, послѣ того какъ имъ открытъ былъ основной законъ системы міра. Неудивительно, если онъ былъ до того взволнованъ, что не могъ даже кончить вычисленія, подтвердившаго его предположеніе. Тутъ весь онъ долженъ былъ переполниться чувствомъ счастія послѣ того глубокаго изученія, которымъ старался уяснить характеръ дѣйствія всѣхъ естественныхъ силъ, послѣ стольких опытныхъ изслѣдованій, произведенныхъ имъ для узнанія и точнаго измѣренія различныхъ дѣйствій ихъ, наконецъ послѣ того способа вычисленія, который онъ изобрѣлъ и съ помощію котораго открылъ себѣ возможность изучать самыя сложныя явленія... Такимъ образомъ онъ

увидѣлъ, что идея всей его жизни осуществилась и что постоянный предметъ его желаній, наконецъ, достигнутъ. Съ этихъ поръ онъ весь погрузился въ блаженство упоительнаго созерцанія. Въ продолженіе двухъ лѣтъ, употребленныхъ Ньютономъ на приготовленіе и развитіе безсмертнаго его творенія: Начала естественной философіи, въ которомъ изложено столько удивительныхъ открытій, онъ только и жилъ для того, чтобы мыслить и вычислять, и если жизнь одного существа можетъ дать намъ нѣкоторое понятіе о чистомъ существованіи небеснаго ума, то можно сказать, что его жизнь представляетъ тому образецъ." „Ньютонъ, даже и самъ Ньютонъ,—продолжаетъ Біо,— единственно только такимъ трудомъ и постояннымъ усиліемъ уединеннаго и самаго глубокаго размышленія могъ развить постигнутыя имъ истины, которыя вывелъ онъ изъ своего перваго открытія, такъ что на Ньютонѣ можно видѣть примѣръ того, какъ трудно даже и самому высокому человѣческому уму проникнуть въ глубину тайнъ природы и исторгнуть у нея истину".

Изслѣдованія Ньютона въ области астрономіи, какъ сказано, изложены въ его великомъ твореніи: „Principia mathematica philosophiae naturalis" (Математическія начала естественной философіи). Ньютонъ долго откладывалъ печатаніе этого труда, онъ боялся споровъ о первенствѣ открытія, которые еще прежде сильно безпокоили его; но, по настоянію Галлея, послалъ, наконецъ, свою рукопись въ Королевское Общество

28-го апрѣля 1686 года. Общество, которому Ньютонъ посвятилъ свое твореніе, послало ему благодарственное письмо, исполненное самыхъ лестныхъ и почтительныхъ выраженій, и тотчасъ рѣшило напечатать его на свой счетъ. Книга появилась въ свѣтъ въ маѣ 1687 года. Она раздѣлена на три книги. Въ первой онъ высказываетъ общія начала, служащія основаніемъ механики, излагаетъ законы движенія, извѣстные раньше, къ которымъ прибавляетъ законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія и начало сохраненія движенія центра тяжести; затѣмъ доказываетъ теорему площадей для всякаго закона центральной силы, и обратно, что сила направлена къ центру площадей во всякомъ движеніи, къ какому приложима эта теорема. Наконецъ, вычисляетъ ускорительную силу въ случаѣ эллиптическаго движенія, гдѣ законъ площадей имѣетъ мѣсто по отношенію къ фокусу, и находитъ, что эта сила измѣняется обратно пропорціонально квадрату радіуса—вектора; и заключаетъ доказательствомъ обратнаго предположенія, что если тѣло притягивается къ неподвижному центру съ силою, слѣдующею указанному закону квадратовъ разстояній, то траэкторіей будетъ коническое сѣченіе. Здѣсь же трактуется о движеніи тѣлъ по даннымъ поверхностямъ и о качаніяхъ маятника, о притягательныхъ силахъ сферическихъ и не сферическихъ тѣлъ, наконецъ о движеніи весьма малыхъ тѣлъ, побуждаемыхъ центральными силами, направленными къ отдѣльнымъ частямъ нѣкотораго большого тѣла.

Вторая книга Принципій, написанная въ опровержені Декартовой системы вихрей, трактуетъ о движеніи въ сопротивляющихся срединахъ, когда сопротивленіе пропорціонально скорости, квадрату скорости, затѣмъ — частію скорости, частію ея квадрату; о круговомъ движеніи тѣлъ въ сопротивляющихся срединахъ; о плотности и о сжимаемости жидкостей и о гидростатикѣ; о движеніи и о сопротивленіи маятника; о движеніи жидкостей и о сопротивленіи брошенныхъ тѣлъ; о движеніи, распространяющемся въ жидкости; о круговомъ движеніи жидкихъ тѣлъ. Все это такіе вопросы, которые и до сего времени не получили полнаго рѣшенія, потому эта часть Принципій не богата результатами. Впрочемъ, опытныя изслѣдованія Ньютона надъ сопротивленіемъ среды согласны съ результатами современныхъ гидродинамическихъ изслѣдованій (Кирхгофа и др.)

Въ третьей книгѣ: „De mundi systemate“ (О системѣ міра)—изложены законы вселенной, основанные на всеобщемъ тяготѣніи. Онъ показываетъ, во-первыхъ, что криволинейность планетныхъ орбитъ зависитъ отъ взаимодѣйствія двухъ силъ: первоначальнаго толчка и притяженія къ центральному тѣлу. Далѣе, онъ доказываетъ, что всякія двѣ сферы, помѣщенныя въ пространствѣ, притягиваются такъ, какъ будто ихъ массы сосредоточены въ центрахъ; такимъ образомъ всѣ тѣла солнечной системы притягиваютъ другъ друга, представляя собою центры—источники притягательныхъ силъ. Такъ, луна, напримѣръ, движется главнымъ

образомъ вслѣдстіе притяженія ея землей, но въ тоже время на нее дѣйствуетъ солнце и всѣ планеты, измѣняя господствующее эллиптическое движеніе въ волнистую кривую. Такимъ образомъ онъ первый объяснилъ причину пертурбацій, т.-е. уклоненій отъ господствующаго движенія. Онъ показалъ затѣмъ, что всякую планету можно разсматривать какъ движущуюся только подъ вліяніемъ солнца и ближайшей планеты, дѣйствіе же остальныхъ планетъ такъ слабо, что имъ можно пренебречь. Въ этомъ состоитъ такъ называемая задача о трехъ тѣлахъ. Ньютонъ указалъ смыслъ, а иногда и численную величину пертурбацій нѣкоторыхъ планетъ, начертавъ, такимъ образомъ, въ зародышѣ тѣ методы, которые въ наши дни дали возможность простымъ вычисленіемъ указать существованіе планеты Нептунъ на окраинахъ солнечной системы. Онъ показалъ, что сжатіе земли у полюсовъ есть слѣдствіе вращенія ея около оси. Онъ объяснилъ затѣмъ физическую причину предваренія равноденствій—явленія, состоящаго въ томъ, что равноденственныя точки подвигаются съ востока на западъ на 50″ въ годъ, между тѣмъ какъ земля движется съ запада на востокъ; вслѣдствіе чего каждый годъ весеннее равноденствіе бываетъ раньше, чѣмъ земля успѣетъ сдѣлать полный оборотъ по эклиптикѣ. Онъ показалъ, именно, что явленіе это объясняется дѣйствіемъ луно-солнечнаго притяженія на экваторіальное вздутіе земного сфероида, и наклоненіемъ полярной оси къ эклиптикѣ. Онъ первый объяснилъ явленія прилива

и отлива, указавъ, что причина этого явленія заключается въ совокупномъ дѣйствіи солнечнаго и луннаго притяженія.—Онъ вычислилъ силу тяжести на планетахъ, имѣющихъ спутниковъ (Юпитеръ, Сатурнъ), а также на поверхности солнца. Отсюда онъ могъ уже вычислить массы этихъ тѣлъ и нашелъ, что массы солнца, Юпитера, Сатурна и земли выражаются числами $1, \frac{1}{1033}, \frac{1}{2401}, \frac{1}{22751}$; новыя, болѣе точныя, цифры таковы: $1, \frac{1}{1050}, \frac{1}{3500}, \frac{1}{3549312}$. Онъ нашелъ, что масса луны въ 40 разъ меньше массы земли; теперь найдено, что первая меньше второй въ 88 разъ. Онъ первый доказалъ, что кометы обращаются также около солнца, и опредѣлилъ ихъ орбиты, но его методъ удовлетворительно представляетъ движеніе кометъ только въ видимой части ихъ орбитъ и не даетъ возможности опредѣлить возвращеніе кометы.

Такимъ образомъ, Ньютонъ первый доказалъ, что кометы — такіе же члены солнечной системы, какъ и планеты, и навсегда устранилъ произволъ объясненій движенія этихъ тѣлъ, каковымъ отличалась, напр. система Декарта.

Многія другія изъ открытыхъ имъ явленій, каковы: регрессія узловъ кольца Сатурна, разница тяжести въ различныхъ широтахъ, нутація земной оси, въ то время не извѣстныя даже какъ факты наблюденія, явились у Ньютона также только въ общихъ очеркахъ, или же недостаточно обработанными; но иначе и быть не могло, если принять во вниманіе необыкновенную сложность задачъ и несовершенство метода дифференціальнаго

исчисленія при самомъ его началѣ. „Тѣмъ не менѣе,—говоритъ Біо,—важность и всеобщность его открытій въ системѣ міра, множество оригинальныхъ и глубокихъ взглядовъ, разбросанныхъ въ его твореніи, послужившихъ зернами, изъ которыхъ развились знаменитыя теоріи позднѣйшихъ астрономовъ, обезпечиваютъ за Началами превосходство надъ другими произведеніями человѣческаго ума. О величіи открытій, заключающихся въ этомъ твореніи, можно судить уже по тому, что между современниками Ньютона можно найти не болѣе 3—4 человѣкъ, способныхъ понимать его“.

Изучивъ явленія тяготѣнія, узнавши законы, по которымъ обнаруживается дѣйствіе этой силы, естественно задать себѣ вопросъ: что же такое эта сила? Какова ея причина? Ньютонъ предостерегаетъ прежде всего отъ господствовавшаго въ его время стремленія искать причины физическихъ явленій въ скрытыхъ качествахъ (древнихъ философовъ), указывая на другой, болѣе трезвый взглядъ на явленія природы. Въ своихъ Началахъ онъ говоритъ:

„Я объяснилъ явленія, представляемыя небесными тѣлами, а также движенія океана силою тяготѣнія, но отнюдь не искалъ причины тяготѣнія. Эта сила обусловливается нѣкоторою причиною, проникающею до самаго центра солнца и планетъ, ничего не теряя въ своей дѣятельности; она дѣйствуетъ въ зависимости отъ количества матеріи, и дѣйствіе ея простирается во всѣ стороны на необъятныя разстоянія, уменьшаясь всегда пропор-

ціонально квадратамъ разстояній. Я не могъ еще вывести изъ явленій причину этихъ свойствъ тяжести и не утверждаю никакихъ гипотезъ (hypotheses non fingo)."

Разсуждая въ XXI вопросѣ своей „Оптики" о притягательныхъ силахъ, каковы электричество, магнетизмъ, тяжесть, онъ высказывается въ томъ же смыслѣ, говоря: „Я вовсе не изслѣдую здѣсь того, какова можетъ быть причина этихъ притяженій; то, что я называю притяженіемъ, обусловливается, можетъ быть, толчками или какими-либо другими средствами, которыя мнѣ неизвѣстны. Слово притяженіе я употребляю лишь для обозначенія какой-то силы, подъ вліяніемъ которой тѣла стремятся приблизиться другъ къ другу, какова бы ни была причина ея; ибо изъ явленій природы должны мы вывести, каковы законы и свойства притяженія, прежде чѣмъ искать, какова причина этой силы".

Извѣстно, что Ньютонъ разсматривалъ свѣтъ какъ особаго рода матерію, распространяющуюся въ однородныхъ срединахъ по прямымъ линіямъ, полагая, что небесныя пространства или не представляютъ движенію небесныхъ тѣлъ никакого сопротивленія, или представляютъ сопротивленіе нечувствительное. Однако же, эти пространства, говорилъ онъ, не абсолютно пустыя; онъ полагалъ, что они наполнены особою средою—эѳиромъ, имѣющимъ тѣ самыя свойства, которыя этой средѣ приписываетъ современная физика для объясненія явленій свѣта. Существованіе такой среды онъ счи-

галъ доказаннымъ, между прочимъ, слѣдующимъ опытомъ. Помѣстивъ шарикъ термометра въ центрѣ стекляннаго шара, воздухъ изъ котораго вытянутъ, убѣждаются, что термометръ нагрѣвается и охлаждается съ тою же скоростью, какъ и въ случаѣ баллона, наполненнаго воздухомъ. По его мнѣнію, опытъ этотъ можно объяснить только тѣмъ, „что въ пустомъ шарѣ теплота распространяется посредствомъ колебаній среды, болѣе тонкой чѣмъ воздухъ". „Не есть ли это—прибавляетъ онъ,—среда болѣе тонкая, чѣмъ воздухъ, несравненно болѣе упругая и болѣе дѣятельная? Не проникаетъ ли она во всѣ тѣла и, въ силу своей упругости, не распространена ли она повсемѣстно?"

Замѣчательно, что Ньютонъ, не допускавшій объясненія свѣтовыхъ явленій колебаніями эѳира, считалъ вѣроятнымъ объясненіе явленій тяготѣнія и тяжести дѣйствіемъ эѳира. „Эта среда, — говоритъ онъ въ XXI вопросѣ „Оптики",—не есть ли среда болѣе разрѣженная въ тѣлахъ плотныхъ, каковы солнце, звѣзды, планеты и кометы, чѣмъ въ пустыхъ небесныхъ пространствахъ между этими тѣлами? И переходя отъ этихъ тѣлъ въ болѣе отдаленныя пространства, среда эта не дѣлается ли все плотнѣе и не служитъ ли поэтому причиною взаимнаго тяготѣнія этихъ большихъ тѣлъ, а также ихъ частицъ къ самымъ этимъ тѣламъ, стремясь изъ болѣе плотныхъ мѣстъ въ пространства разрѣженныя?"

Безъ сомнѣнія, это—гипотеза; она убѣждаетъ насъ въ томъ, что Ньютонъ былъ далекъ отъ то-

го, чтобы разсматривать притяженіе какъ родъ скрытаго качества, дѣйствующаго на разстояніи, ибо онъ приписываетъ явленіямъ тяжести причину, аналогичную той, которая выталкиваетъ легкія тѣла, погруженныя въ жидкость, болѣе плотную.

„Ибо если эта среда рѣже внутри солнечнаго шара, чѣмъ на его поверхности, и рѣже у его поверхности чѣмъ въ разстояніи $^1/_{100}$ дюйма отъ нея, а тамъ рѣже чѣмъ въ разстояніи $^1/_{30}$ дюйма отъ этого тѣла, затѣмъ рѣже на этой $^1/_{30}$ дюйма чѣмъ у орбиты Сатурна, то я не вижу, почему бы возрастаніе плотности должно было бы остановиться въ какомъ-либо мѣстѣ, а не распространяться на всякія разстоянія, отъ солнца до Сатурна, и далѣе. И хотя это увеличеніе плотности можетъ итти чрезвычайно медленно на большихъ разстояніяхъ, тѣмъ не менѣе, если упругая сила этой среды чрезвычайно велика, то она можетъ быть вполнѣ достаточна для того, чтобы толкать тѣла изъ частей болѣе плотныхъ этой среды къ разрѣженнымъ, съ тою силою, которую мы называемъ тяжестью“. Наконецъ, въ извѣстномъ третьемъ письмѣ къ Бентлею онъ самымъ рѣшительнымъ образомъ протестуетъ противъ допущенія, чтобы тяжесть могла передаваться на разстояніи чрезъ пустоту, какъ можно бы было заключить изъ самаго выраженія закона тяготѣнія. Онъ пишетъ: „Непонятно, какимъ образомъ неодушевленная косная (brute) матерія, безъ посредства чего-либо (что не матеріально), могла бы дѣйствовать на другое тѣло безъ

взаимнаго прикосновенія, какъ это должно бы было имѣть мѣсто, еслибы тяготѣніе въ смыслѣ Эпикура было присуще матеріи и съ ней нераздѣльно... Мысль, что тяготѣніе прирожденно (innate), присуще матеріи и съ ней нераздѣльно, такъ что одно тѣло можетъ дѣйствовать на другое на разстояніи (издали) чрезъ пустоту, безъ посредства чего-либо иного, чрезъ что и при посредствѣ чего дѣйствіе и сила передавалась бы отъ одного тѣла къ другому,—мысль эта кажется мнѣ такою великою нелѣпостью, что, я думаю, ни одинъ человѣкъ, способный сколько-нибудь здраво мыслить о философскихъ предметахъ, не можетъ быть ей сопричастенъ.“ Во всякомъ случаѣ, Ньютонъ не навязываетъ той или другой гипотезы и, заканчивая приводимое письмо, утверждаетъ только, что „тяжесть обусловливается нѣкоторою причиною, дѣйствующею непрерывно по опредѣленнымъ законамъ; рѣшеніе же вопроса о томъ—матеріаленъ или не матеріаленъ этотъ дѣятель, я оставляю, говоритъ онъ, на усмотрѣніе читателя.“

Одинъ изъ знаменитѣйшихъ физиковъ нашего времени, Фарэдей, съ новой точки зрѣнія, съ точки зрѣнія ученія о сохраненіи силы, предпринялъ критику идеи о тяготѣніи, какъ о силѣ, дѣйствующей на разстояніи безъ всякаго посредства. По его мнѣнію, идея объ измѣненіи этой силы отъ простого измѣренія разстоянія противорѣчитъ универсальному принципу сохраненія силы. Когда двѣ частицы притягиваются съ меньшею энергіей при увеличеніи ихъ раздѣляющаго разстоянія, то не доказываетъ-

ли это, что гдѣ-то должна была обнаружиться сила, эквивалентная ослабленію тяготѣнія? И наоборотъ, если вслѣдствіе уменьшенія разстоянія между двумя массами сила ихъ взаимнаго тяготѣнія увеличилась, то не очевидно-ли, что это увеличеніе должно было произойти на счетъ нѣкоторой другой формы энергіи? Однако, мы не можемъ уловить этихъ проявленій, и вопросъ остается открытымъ.

Было сдѣлано нѣсколько попытокъ построить новую теорію тяготѣнія. Самыя замѣчательныя ведутъ свое начало отъ идеи, пущенной въ ходъ самимъ виновникомъ теоріи тяготѣнія, и авторы новыхъ гипотезъ стремятся объяснить явленія притяженія движеніями эфира.

Въ началѣ нынѣшняго столѣтія Лесажъ въ Женевѣ доказалъ, что тяготѣніе во всѣхъ случаяхъ можетъ быть объяснено предположеніемъ, въ которомъ нѣтъ ничего невѣроятнаго, что въ добавокъ къ крупнымъ частичкамъ грубаго, осязаемаго или ощущаемаго вещества, не смотря на ихъ безконечное число, примѣшивается еще болѣе громадное число болѣе мелкихъ частичекъ, движущихся во всѣхъ направленіяхъ съ чрезвычайной быстротой. Лесажъ доказалъ, что въ такомъ случаѣ дѣйствіе толчковъ мелкихъ частицъ о крупныя должно быть таково, какъ будто эти крупныя частицы притягивали другъ друга съ силою, слѣдующей во всѣхъ отношеніяхъ закону тяготѣнія. И дѣйствительно, когда двѣ такія частицы находятся въ нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга, каждая, такъ сказать, защищаетъ другую отъ града ударовъ, которые дол-

жны бы были упасть на нее. На изолированную частичку удары падали бы равномѣрно со всѣхъ сторонъ, но если тутъ же находится другая, то она защищаетъ первую на подобіе ширмы въ направленіи прямой линіи, соединяющей обѣ частички; первая частичка оказываетъ тоже самое дѣйствіе относительно второй, такъ что въ общемъ результатѣ наибольшее число ударовъ падаетъ всегда на противоположныя другъ другу стороны частичекъ, а не на ближайшія; этотъ избытокъ толчковъ извнѣ долженъ стремиться сблизить частички между собою. Математически можно доказать, что результатъ былъ бы въ этомъ случаѣ тождественъ притяженію и что дѣйствіе было бы обратно пропорціонально квадрату разстоянія, т.-е. вполнѣ соотвѣтствовало бы закону тяготѣнія. Необходимо при этомъ предположить, что частички и массы грубаго вещества имѣютъ видъ рѣшетки и что громадное большинство тѣлецъ проходитъ свободно, не наталкиваясь; иначе, тяготѣніе между двумя тѣлами не было бы равно произведенію ихъ массъ.

Ньютонъ касается и вопроса о прочности солнечной системы. Онъ зналъ, что эллипсы, описываемые планетами, то удаляются отъ круговой формы, растягиваются, то, наоборотъ, сжимаются, приближаясь къ формѣ круга; онъ зналъ также, что плоскости орбитъ не остаются всегда одинаково наклоненными къ нѣкоторой постоянной плоскости, что онѣ пересѣкаютъ эклиптику по линіямъ, передвигающимся въ пространствѣ: это результаты возмущающаго вліянія планетъ другъ на друга. Его

безпокоила мысль о томъ, что эти сами по себѣ незначительныя измѣненія въ элементахъ орбитъ, слагаясь въ теченіе вѣковъ, могутъ повести къ разрушенію планетной системы; онъ полагалъ, что солнечная система не имѣетъ въ себѣ задатковъ прочности, и что время отъ времени необходимо вмѣшательство Божественной силы для возстановленія нарушеннаго порядка.

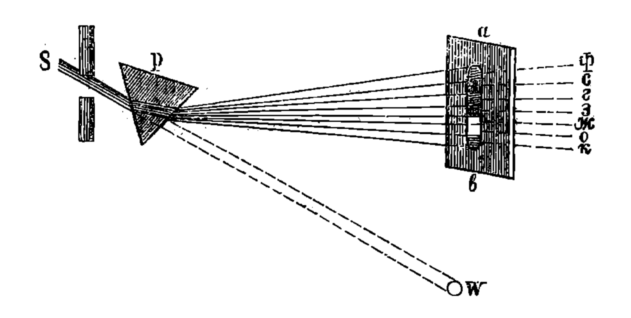
Мысль о вліяніи возмущеній на устойчивость нашей системы продолжала волновать и преемниковъ Ньютона въ астрономіи. Результатъ, къ которому они пришли, таковъ: повсюду въ ея элементахъ встрѣчаются колебанія и измѣненія; все находится въ движеніи; орбиты то расширяются, то сжимаются; плоскости орбитъ колеблются то вверхъ, то внизъ; ихъ перигеліи и узлы вращаются въ противоположныхъ направленіяхъ вокругъ солнца; но всѣмъ этимъ перемѣнамъ положены предѣлы, переходъ за которые невозможенъ. По прошествіи многихъ милліоновъ лѣтъ свершится полный рядъ колебаній, и вся система, со всѣми своими элементами снова придетъ въ первоначальное состояніе: въ основѣ ея лежатъ задатки несокрушимой прочности.

Открытія Ньютона въ области физики.

Самыя капитальныя изслѣдованія Ньютона въ области физики относятся къ изученію свѣтовыхъ явленій, и первое мѣсто въ ряду ихъ безспорно занимаетъ анализъ свѣтового луча. Призма-

тическій анализъ свѣта, открытый Ньютономъ, былъ оцѣненъ имъ самимъ „какъ самое удивительное, если не самое значительное открытіе, которое до сихъ поръ было сдѣлано въ дѣйствіяхъ природы“.

Уже Декартъ былъ близокъ къ открытію составныхъ частей солнечнаго луча, но указаніе истиннаго закона принадлежитъ Ньютону. Въ ставнѣ закрытаго окна онъ сдѣлалъ отверстіе и пропустилъ сквозь него тонкій лучъ,—на противоположной стѣнѣ (ab) комнаты появилось круглое изображеніе солнца (w). На пути луча Ньютонъ поста-



вилъ стеклянную призму и съ изумленіемъ увидѣлъ, что изображеніе солнца не только было отклонено, но и удлинилось такъ, что длина его сдѣлалась въ пять разъ больше ширины. Притомъ, оно оказалось уже не бѣлымъ, а состояло изъ нѣсколькихъ цвѣтныхъ полосъ. Это разноцвѣтное изображеніе Ньютонъ назвалъ спектромъ (призракомъ), а самое явленіе разсѣянія лучей призмой — разложеніемъ свѣта. Спектръ состоялъ главнымъ образомъ изъ 7 цвѣтныхъ полосъ: фіолетовой, синей,

голубой, зеленой, желтой, оранжевой и красной. Правда, спектръ представляетъ безчисленное множество оттѣнковъ, незамѣтно переходящихъ другъ въ друга, но всѣ они сливаются въ 7 названныхъ цвѣтовъ. Это тѣ же самые цвѣта, которые представляетъ намъ радуга.

Какимъ же образомъ объяснить это явленіе? Почему лучъ свѣта, пропущенный черезъ призму, раздѣляется на множество лучей, идущихъ каждый своимъ путемъ и въ совокупности дающихъ спектръ? Для рѣшенія вопроса Ньютонъ дѣлаетъ другой опытъ. На пути лучей, разсѣянныхъ призмой, онъ помѣщаетъ экранъ съ небольшимъ отверстіемъ для того, чтобы чрезъ него могли проходить лучи, дающіе одинъ какой-нибудь цвѣтъ, напримѣръ, красный, и замѣчаетъ на прежнемъ экранѣ то мѣсто, гдѣ является красное пятно; затѣмъ, на пути этихъ лучей ставитъ другую призму. Послѣдняя отклоняетъ лучи и пятно переходитъ въ другую точку перваго экрана, которую онъ также замѣчаетъ. Такую же операцію онъ повторяетъ съ каждымъ цвѣтомъ спектра. Измѣривъ затѣмъ отклоненіе каждаго цвѣта въ отдѣльности, Ньютонъ нашелъ, что различные цвѣта не одинаково отклоняются призмой. Итакъ, причина разложенія свѣтового луча состоитъ въ томъ, что лучъ солнца не есть лучъ однородный, а состоитъ изъ множества лучей, которые не одинаково отклоняются призмою, и потому встрѣчаютъ экранъ не въ одномъ мѣстѣ, но въ различныхъ точкахъ, окрашивая его соотвѣтствующимъ каждому лучу цвѣтомъ.

Ньютонъ не остановился на этомъ: онъ сдѣлалъ повѣрку своего открытія, снова соединивъ разложенный свѣтъ. Простѣйшій приборъ, придуманный имъ для этой цѣли, извѣстенъ подъ именемъ Ньютонова диска. Картонный или деревянный кругъ раздѣляютъ на нѣсколько секторовъ, окрашивая ихъ послѣдовательно цвѣтами спектра, черезъ что получается одинъ или нѣсколько искусственныхъ спектровъ. Приведя дискъ въ быстрое вращеніе, не замѣчаютъ на немъ отдѣльныхъ цвѣтовъ: дискъ кажется бѣлымъ. Этимъ и доказывается, что различныя цвѣтовыя впечатлѣнія, получаемыя глазомъ одновременно, слагаясь вмѣстѣ, даютъ впечатлѣніе, соотвѣтствующее ихъ совокупности — бѣлому цвѣту. Ньютонъ придумалъ и другіе опыты для той же цѣли: такъ, онъ заставлялъ лучи спектра падать на обоюдо-выпуклое стекло, которое собирало ихъ въ своемъ фокусѣ, давая тамъ бѣлое изображеніе солнца.

Открывъ разложеніе свѣта, Ньютонъ вывелъ отсюда объясненіе цвѣта тѣлъ и явленія радуги.

Какова причина цвѣта даннаго тѣла? Есть ли цвѣтъ присущее тѣлу качество, или же свѣтъ рождаетъ цвѣта? Ньютонъ отвергъ первое предположеніе, какъ противорѣчащее ежедневному опыту: въ самомъ дѣлѣ, въ темнотѣ тѣла теряютъ свой цвѣтъ, цвѣта видимы только при свѣтѣ. Явленіями цвѣта, по ученію Ньютона, мы обязаны свѣту, но не ему одному, а также и тѣлу, на которое онъ падаетъ. Каково же дѣйствіе тѣла на падающій на него свѣтъ? Дѣйствіе это — избирательное.

Сложный бѣлый свѣтъ, падая на тѣло, разлагается имъ такъ, что одни простые лучи поглащаются тѣломъ, другіе — отбрасываются, отражаются, эти-то отраженные лучи, поступая въ глазъ, и обусловливаютъ собою цвѣтъ тѣла. Такъ, древесные листья зелены потому, что они отражаютъ зеленые лучи, поглащая другіе; синяя краска синя потому, что отражаетъ синіе лучи, поглащая остальные; черная матерія потому черна, что поглащаетъ всѣ лучи, оставляя передъ глазами мракъ; бѣлое тѣло потому бѣло, что отражаетъ всѣ лучи, которыхъ совокупность даетъ бѣлый цвѣтъ. Такова сущность теоріи окрашиванія тѣлъ, данной Ньютономъ.

Ньютону принадлежитъ также истинная теорія радуги. Уже Декартъ и де-Доминисъ близко подошли къ рѣшенію этого вопроса. Теорія радуги состоитъ изъ двухъ существенныхъ пунктовъ; первый пунктъ, это—объясненіе того, что свѣтлая круговая полоса опредѣленнаго діаметра происходитъ отъ большей напряженности свѣта, доходящаго до глаза подъ извѣстнымъ угломъ; второй пунктъ—объясненіе различныхъ цвѣтовъ различною величиною преломленія. Оба эти пункта были указаны Декартомъ. Ньютонъ первый выразилъ условія, при которыхъ падающій лучъ, дважды преломившись и отразившись въ каплѣ, можетъ дѣйствовать на глазъ; онъ объяснилъ также причину дугообразной формы радуги и причины ея размѣровъ.

Съ большимъ успѣхомъ Ньютонъ занимался также изученіемъ явленія цвѣтовъ тонкихъ пластинокъ, примѣромъ котораго могутъ служить мыльные пузы-

ри, кажущіеся окрашенными въ радужные оттѣнки. Хотя теоретическія соображенія его объ этомъ предметѣ ошибочны, но онъ все-таки сдѣлалъ шагъ впередъ въ объясненіи этихъ явленій, показавъ, что лучи свѣта подвергаются здѣсь извѣстнымъ періодическимъ измѣненіямъ въ зависимости отъ толщины слоя. Измѣрительныя работы Ньютона въ этихъ опытахъ отличаются необыкновенною для того времени тонкостью и вообще могутъ служить образцомъ опытныхъ изслѣдованій, если принять въ соображеніе несовершенство измѣрительныхъ способовъ того времени. Не менѣе удачны были его экспериментальныя изслѣдованія о цвѣтахъ толстыхъ пластинокъ. Вообще работы эти доказываютъ, что Ньютонъ былъ отличнымъ, для своего времени, экспериментаромъ, и въ этомъ отношеніи многимъ обязанъ своимъ механическимъ работамъ въ дѣтствѣ.

Менѣе удачны были его изслѣдованія о явленіяхъ диффракціи и двойного преломленія; въ первомъ случаѣ онъ отвергалъ, что цвѣтныя полосы образуются въ тѣни тѣлъ, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности это такъ; во второмъ случаѣ правила, изложенныя имъ относительно явленій двойного преломленія, не согласовались съ дѣйствительностью.

Ньютонъ ошибался еще въ одномъ вопросѣ. Извѣстно, что сферическое стекло не только преломляетъ свѣтъ, но и разлагаетъ его; вслѣдствіе этого изображеніе предмета, доставляемое такимъ стекломъ, бываетъ у краевъ окрашено радужными цвѣтами и потому неясно. Этотъ недостатокъ извѣстенъ

въ оптикѣ подъ именемъ хроматической аберраціи. Ньютонъ думалъ, что его нельзя устранить. Онъ ошибался: впослѣдствіи Доллондъ нашелъ средство устраивать стекла ахроматическія, накладывая одно на другое сферическія стекла, различающіяся по составу.

Ньютонъ не могъ удовольствоваться познаніемъ только внѣшнихъ проявленій дѣятельности свѣта; онъ попытался соединить эти явленія органическою связью. Свою гипотезу относительно причины свѣта онъ назвалъ гипотезою истеченія. Ознакомимся съ главными ея чертами. Ньютонъ допускалъ, что свѣтъ есть особая матерія, вытекающая изъ свѣтящихся тѣлъ и распространяющаяся во всѣ стороны. Движеніе каждой частицы свѣта, какъ въ пустотѣ, такъ и во всякой однородной средѣ совершается по прямымъ линіямъ, которыя называются свѣтовыми лучами. Частицы свѣтовой матеріи подчинены закону инерціи, но не подлежатъ дѣйствію тяжести—невѣсомы, и по своему объему чрезвычайно малы. Послѣднее допущеніе необходимо въ виду того, что иначе нельзя бы было объяснить, почему черезъ маленькое отверстіе можно видѣть одновременно такое множество различныхъ предметовъ. Частицы свѣта пролетаютъ пространство съ необыкновенною скоростью (42,000 миль въ секунду) и представляютъ собою родъ упругихъ тѣлъ. Чтобы объяснить преломленіе свѣта, Ньютонъ полагалъ, что когда частицы свѣта приближаются къ преломляющей поверхности, то притягиваются ею, подобно тому, какъ брошенное тѣло привлекается

тяжестью къ поверхности земли. Это уклоненіе и составляетъ преломленіе свѣта. Отраженіе свѣта онъ уподоблялъ отраженію упругихъ тѣлъ, встрѣчающихъ при своемъ движеніи нѣкоторую преграду. Различіе въ цвѣтѣ, по мнѣнію Ньютона, зависитъ отъ разницы въ величинѣ частицъ. Но для объясненія другихъ явленій свѣта (каковы диффракція, поляризація) нужно было постоянно приписывать частицамъ свѣта новыя свойства, что повело къ многосложнымъ и запутаннымъ построеніямъ, которыя однако же не объясняли наблюдаемыхъ явленій. Поэтому гипотеза Ньютона была отвергнута, уступивъ мѣсто гипотезѣ волненія, основателемъ которой былъ еще Декартъ. Въ главныхъ чертахъ она была развита Гюйгенсомъ и Эйлеромъ, а въ настоящемъ столѣтіи доведена трудами Юнга, Френеля, Коши и др. до высокой степени совершенства, такъ что считается образцомъ физическихъ теорій.

Изслѣдованія о свѣтѣ появилось въ печати въ первый разъ въ запискахъ Королевскаго Общества въ 1672 г., и полнѣе въ трактатѣ объ „Оптикѣ“ (1704 г.) Это сочиненіе состоитъ изъ трехъ книгъ. Въ первой книгѣ изложены законы отраженія, преломленія, разложенія свѣта, ученіе о цвѣтахъ и объясненія явленія радуги. Во второй книгѣ Ньютонъ излагаетъ свои изслѣдованія о цвѣтахъ тонкихъ пластинокъ (Ньютоновы кольца). Третья книга и вопросы къ ней приложенные посвящены изученію явленій диффракціи свѣта, двойного преломленія, нѣкоторыхъ вопросовъ о химическихъ явленіяхъ и т. п.

Физическія изслѣдованія Ньютона не ограничивались областью свѣтовыхъ явленій; ему принадлежатъ нѣсколько работъ по изслѣдованію явленій звука и теплоты.

Во второй книгѣ „Началъ" Ньютонъ впервые объяснилъ истинное свойство движеній, передающихъ звукъ, другими словами, далъ теорію распространенія звука. Онъ показалъ, что дрожащее тѣло въ упругой средѣ (каковъ, напр., воздухъ) распространяетъ свои удары чрезъ всю среду. Двигаясь впередъ, онъ производитъ сгущеніе въ прилежащемъ слоѣ воздуха, распространяющееся до извѣстнаго предѣла; этотъ сгущенный слой, расширяясь, производитъ сгущеніе въ слѣдующемъ слоѣ и т. д. Возвращаясь назадъ, тѣло производитъ разрѣженіе, передающееся отъ одного слоя къ другому. Таковъ истинный способъ распространенія звука. Ньютонъ показалъ также самый законъ, по которому происходитъ колебаніе воздушныхъ частицъ при такомъ способѣ распространенія звука, именно, что частицы колеблются на подобіе маятника. Изслѣдуя этотъ предметъ далѣе, Ньютонъ пришелъ къ теоретическому опредѣленію скорости распространенія звука и нашелъ, что звукъ пробѣгаетъ въ секунду разстояніе равное 968 футамъ. Когда были сдѣланы опыты, показавшіе что скорость звука равна 1142 англійскимъ футамъ, Ньютонъ пытался объяснить эту разницу съ результатомъ своихъ вычисленій различными остроумными соображеніями, но эти попытки были неудачны. Настоящая причина уклоненія скорости

звука отъ величины, найденной Ньютономъ, была позднѣе открыта французскимъ ученымъ Лапласомъ. Онъ показалъ, что при прохожденіи звуковой волны чрезъ воздухъ, попеременное сгущеніе и разрѣженіе происходятъ такъ внезапно, что воздухъ не успѣваетъ освободиться отъ теплоты, порождаемой сжатіемъ, ни восполнить потерю температуры, обусловленную расширеніемъ. Поэтому упругость усиливается при сжатіи и уменьшается при расширеніи въ большей степени, чѣмъ еслибы температура оставалась постоянной. Опытъ же показываетъ, что количества теплоты, развивающагося при сжатіи воздуха, и количества теплоты, поглащаемаго при расширеніи, вполнѣ достаточно для объясненія недостовавшей Ньютону дроби.

Изучая тепловыя явленія, Ньютонъ пришелъ къ закону, извѣстному подъ именемъ закона охлажденія, который, по его ученію, состоитъ въ томъ, что теплота, теряемая каждымъ нагрѣтымъ тѣломъ, помѣщеннымъ въ средѣ нисшей температуры, въ каждое мгновеніе пропорціональна излишку теплоты нагрѣтаго тѣла надъ теплотою окружающей среды. Основываясь на этомъ законѣ, онъ устроилъ свою термометрическую скалу теплоты, въ которой теплота измѣрялась расширеніемъ жидкости. Хотя законъ Ньютона, какъ показали позднѣйшія изслѣдованія, не всегда вѣренъ (онъ справедливъ только для небольшихъ избытковъ температуры), однако онъ послужилъ первымъ шагомъ къ систематизаціи нашихъ знаній о явленіяхъ лучеиспусканія теплоты. Наконецъ онъ показалъ, что явленія ки-

пѣнія и плавленія происходятъ при постоянныхъ температурахъ; это открытіе въ высшей степени важно для теоріи теплоты.

Математическіе труды Ньютона.

Мы не можемъ здѣсь подробно изложить математическія открытія Ньютона, такъ какъ это не входитъ въ рамки нашего труда, да ихъ и невозможно передать общепонятно. * Наша цѣль въ данномъ случаѣ—указать на главнѣйшія изъ этихъ работъ его и показать ихъ значеніе. Мы уже упоминали о важнѣйшемъ математическомъ открытіи Ньютона, именно объ изобрѣтеніи способа флюкцій. Значеніе этого метода математическаго изслѣдованія будетъ ясно, если мы скажемъ, что только при помощи его Ньютонъ могъ доказать законъ всеобщаго тяготѣнія со всею строгостью; и что вообще нѣтъ ни одного сколько-нибудь важнаго вопроса ни въ чистой математикѣ, ни въ астрономіи, ни въ физикѣ, къ рѣшенію котораго можно бы было подступиться безъ пособія этого метода вычисленія.

Немного времени спустя, Лейбницъ обнародовалъ свой способъ исчисленія, который онъ назвалъ дифференціальнымъ исчисленіемъ и который имѣетъ большое сходство съ способомъ флюкцій. Мы не будемъ приводить здѣсь спора о первенствѣ изобрѣтенія этого способа, поднятаго математиками то-

* Переводъ той главы Принципій, въ которой изложены первыя основанія флюкціоннаго метода, помѣщенъ въ приложеніяхъ.

го времени,—спора, котораго замѣтимъ, и не думали начинать ни Ньютонъ, ни Лейбницъ. Скажемъ только, что дальнѣйшее безпристрастное изслѣдованіе дѣла показало, что и тотъ и другой знаменитые математики достигли открытія новаго способа исчисленія совершенно самостоятельно, независимо другъ отъ друга.

Форма математическаго мышленія, которой Ньютонъ далъ названіе метода флюкцій, и которая съ тѣхъ поръ пріобрѣтала все большее и большее значеніе,—у Ньютона вполнѣ оригинальна и отлична отъ Лейбницевой. Ньютоновъ методъ особенно важенъ для механики, ибо онъ является не просто внѣшнимъ вспомогательнымъ средствомъ для рѣшенія извѣстнаго рода реальныхъ задачъ *, но у самого Ньютона приведенъ въ тѣснѣйшую связь съ требованіями механическаго мышленія и соотвѣтствующихъ ему формъ представленія. У Ньютона измѣненіе величинъ разсматривается какъ бы происходящимъ отъ движенія или теченія (отсюда и названіе флюкцій), и этою-то тѣсною связью вспомогательнаго средства съ предметомъ его примѣненія (т. е. съ изученіемъ движенія) и отличается Ньютонова концепція отъ абстрактной Лейбницевской, послужившей исходнымъ пунктомъ для развитія чистаго анализа на континентѣ.

Основанія метода флюкцій находимъ въ первомъ отдѣленіи первой книги Принципій (о методѣ первыхъ и послѣднихъ отношеній) и во 2-й леммѣ вто-

---

* Именно такихъ, въ которыхъ разсматривается *непрерывное* измѣненіе величинъ.

рой книги. Полнѣе онъ опубликованъ въ видѣ письма Ньютона къ Валлису, въ сочиненіяхъ послѣдняго, въ 1693 г., а потомъ въ приложеніи къ 1-му изданію Оптики, и полнѣе въ 1711 г.—Наконецъ, полное изложеніе его находимъ въ сочиненіи „Метода флюкцій и безконечныхъ рядовъ". Сочиненіе это начато было въ 1664 г. и окончено въ 1671 г.; оно появилось въ печати лишь по смерти автора въ англійскомъ переводѣ Пембертона въ 1736 г., а въ 1740 г. появился французскій переводъ его.

Приведемъ здѣсь кстати разсказы, свидѣтельствующіе о необыкновенномъ математическомъ геніи Ньютона. Въ ту эпоху былъ обычай между геометрами дѣлать другъ другу вызовы для состязаній въ рѣшеній задачъ, считавшихся труднѣйшими для того времени.

Такъ, въ 1696 г. Иванъ Бернулли предложилъ геометрамъ задачу, въ которой требовалось найти такую кривую линію, по которой тяжелое тѣло двигалось бы возможно кратчайшее время между двумя данными точками, находящимися на различныхъ высотахъ. Это—такъ называемая задача о брахистохронѣ. По полученіи этой задачи Ньютонъ на другой же день далъ ея рѣшеніе и напечаталъ безъ доказательства въ „Философскихъ Трудахъ" и безъ подписи имени. Но Ив. Бернулли не ошибся въ томъ кто былъ ея авторъ: tanquam, сказалъ онъ, ex ungue leonem, т.-е. какъ льва узнаютъ по когтямъ. Другая задача была предложена геометрамъ въ 1716 г. Лейбницемъ, который,

какъ говорилъ, желалъ этимъ пощупать пульсъ у англійскихъ математиковъ. Задача состояла въ томъ, чтобы найти такую кривую, которая пересѣкла бы подъ прямымъ угломъ произвольное число другихъ кривыхъ даннаго свойства и выраженныхъ однимъ и тѣмъ же уравненіемъ. Разсказываютъ, что Ньютонъ получилъ эту задачу въ 4 часа вечеромъ и рѣшилъ ее раньше чѣмъ пошелъ спать.

Изслѣдованіе по химіи.

Еще съ самаго дѣтства и во время своего пребыванія въ Кембриджѣ, Ньютонъ усердно занимался химіей и обогатилъ эту отрасль естествовѣдѣнія многими замѣчательными опытами и глубокомысленными воззрѣніями. Устроивая свой отражательный телескопъ, Ньютонъ произвелъ множество опытовъ надъ сплавами различныхъ металловъ съ цѣлію открыть такое соединеніе ихъ, которое всего лучше годилось бы для устройства телескопическихъ зеркалъ. Позднѣе, при изученіи цвѣтовъ тонкихъ пластинокъ, онъ дѣлалъ множество разнообразныхъ опытовъ надъ соединеніемъ тѣлъ твердыхъ и жидкихъ, надъ способностью тѣлъ къ соединенію и разложенію. Наиболѣе глубокія разсужденія его о явленіяхъ химическихъ собраны имъ въ „вопросахъ“, приложенныхъ къ его „Оптикѣ“. Здѣсь онъ высказываетъ въ высшей степени смѣлыя для того времени предположенія, напр., что вода должна содержать въ себѣ горючее начало, что алмазъ также относится къ категоріи горючихъ тѣлъ. Нужно

ли говорить, что эти его предположенія оправдались впослѣдствіи самымъ блистательнымъ образомъ. Открывъ законъ притяженія между частицами вещества, Ньютонъ пытался объяснить химическія явленія дѣйствіемъ этихъ частичныхъ силъ. На этомъ основаніи Біо, не обинуясь, считаетъ Ньютона творцомъ механической химіи.

Говоря о химическихъ трудахъ Ньютона, мы не можемъ умолчать о томъ фактѣ, что онъ занимался и алхиміей. Онъ вѣрилъ въ возможность превращенія металловъ.

Хронологія. Богословіе.

Утомленный трудными и глубокими изслѣдованіями въ области точныхъ наукъ, Ньютонъ искалъ отдохновенія въ другихъ занятіяхъ. Такимъ образомъ явились на свѣтъ его хронологія и богословскія сочиненія.

Ньютонъ основываетъ свою хронологію на астрономическихъ вычисленіяхъ; но онъ придалъ наблюденіямъ древнихъ астрономовъ такую точность, какой они на дѣлѣ не представляютъ. Отсюда ошибочность его заключеній. Изъ его вычисленій вытекаетъ, что міръ на пять столѣтій моложе, чѣмъ полагаютъ. Ложность Ньютоновой хронологіи доказана французскимъ астрономомъ Деламберомъ. Несмотря на это, сочиненіе о хронологіи, снабженное массою цитатъ, доказываетъ, что Ньютонъ обладалъ громадною ученостью, что онъ былъ человѣкъ многосторонне и глубоко образованный.

Съ особенною любовью Ньютонъ предавался богословскимъ занятіямъ и написалъ множество трактатовъ по богословію. Извѣстнѣйшіе изъ нихъ носятъ слѣдующія заглавія: „Замѣчанія на пророчества св. Писанія и въ особенности на пророчества Даніила, и объ апокалипсисѣ св. Іоанна“, „Историческая записка о двухъ значительныхъ измѣненіяхъ текста св. писанія“ и др. Въ первомъ трактатѣ Ньютонъ объясняетъ смыслъ пророчествъ и показываетъ, что они всегда оправдывались.

Здѣсь самъ собою рождается вопросъ: какимъ образомъ Ньютонъ, этотъ могучій умъ, отличавшійся строго математическимъ складомъ, могъ пуститься въ такія, ему несвойственныя, изысканія?

Объясненіемъ этому могутъ служить: съ одной стороны, глубоко религіозное настроеніе, которымъ всегда отличался Ньютонъ, съ другой—направленіе того вѣка. Лучшіе умы того времени любили смѣшивать строго научныя изысканія съ богословскими разсужденіями. Достаточно привести имена Бойля, Гука, Вистона, Клярка и даже Лейбница, который охотно занимался богословіемъ, откровеніемъ и библейскою критикою. Что же удивительнаго въ томъ, что и Ньютонъ платилъ дань своему вѣку.

Говоря объ ученыхъ трудахъ Ньютона, нельзя пройти молчаніемъ тѣхъ руководящихъ началъ, которыхъ держался онъ въ своихъ изслѣдованіяхъ и неоспоримая важность которыхъ для дѣйствительно

плодотворнаго изученія природы доказывается всей исторіей естествознанія.

Эти методическія указанія Ньютонъ предпосылаетъ своему изученію системы міра въ III книгѣ „Началъ", подъ именемъ „правилъ, которымъ должно слѣдовать при изученіи физики" (Requla philosophandi). Приводимъ ихъ дословный переводъ.

Первое правило.—Не слѣдуетъ допускать иныхъ причинъ, кромѣ тѣхъ, которыя необходимы для объясненія явленій.

Въ поясненіе этого правила Ньютонъ прибавляетъ, что природа не обнаруживаетъ безполезныхъ дѣйствій, и было бы безполезно употреблять большое число причинъ тамъ, гдѣ и небольшого числа ихъ вполнѣ достаточно.

Второе правило.—Дѣйствія одного рода всегда, насколько это возможно, слѣдуетъ приписывать одной и той же причинѣ.

Поэтому дыханіе человѣка и животныхъ, паденіе камня въ Европѣ и въ Америкѣ, свѣтъ огня на землѣ и свѣтъ солнца, отраженіе свѣта на землѣ и на планетахъ,—каждое изъ этихъ явленій слѣдуетъ относить къ одной и той же причинѣ.

Третье правило.—Свойства тѣлъ, не подлежащія ни увеличенію, ни уменьшенію и принадлежащія всѣмъ тѣламъ, которыя можно подвергать опыту, слѣдуетъ считать принадлежностью всѣхъ тѣлъ вообще.

Такъ, протяженность тѣлъ познается посредствомъ чувствъ, а чувства не даютъ возможности обнаружить это свойство во всѣхъ тѣлахъ; но какъ

протяженность принадлежитъ всѣмъ тѣламъ, познаваемымъ чувствами, то мы утверждаемъ, что свойство это принадлежитъ и всѣмъ тѣламъ вообще.

Опытъ научаетъ насъ, что многія тѣла обладаютъ твердостью; но твердость цѣлаго обусловливается твердостью частей; поэтому мы принимаемъ это свойство не только въ тѣлахъ, въ которыхъ познаемъ его изъ опыта, но заключаемъ съ полнымъ основаніемъ, что и недѣлимыя частички всѣхъ тѣлъ должны быть твердыми.

Такимъ же точно образомъ мы заключаемъ, что всѣ тѣла непроницаемы. Ибо всѣ тѣла, которыхъ мы касаемся, непроницаемы; поэтому непроницаемость мы считаемъ свойствомъ, принадлежащимъ всѣмъ тѣламъ.

Такъ какъ всѣ извѣстныя намъ тѣла подвижны и одарены инерціей, по которой они пребываютъ въ движеніи или въ покоѣ, то мы заключаемъ, что и всѣ тѣла вообще имѣютъ эти свойства. Но протяженность, твердость, непроницаемость, подвижность и инерція цѣлаго зависитъ отъ тѣхъ же качествъ частей; отсюда мы заключаемъ, что всѣ малѣйшія части всякихъ тѣлъ протяженны, тверды, непроницаемы, подвижны и одарены инерціей. Въ этомъ заключается основаніе всей физики.

Четвертое правило.—Въ экспериментальной философіи предложенія, выведенныя индуктивно изъ явленій, не смотря на противныя имъ гипотезы, должно считать точно или приблизительно истинными, пока какія-либо другія явленія не подтвердятъ ихъ вполнѣ или не покажутъ, что онѣ должны

составлять исключенія, ибо никакая гипотеза не можетъ ослабить разсужденій, основанныхъ на индукціи, выведенной изъ опыта.

Въ этихъ правилахъ хотѣли видѣть прямое наслѣдіе Бэкона, разрушившихъ схоластическіе пріемы изслѣдованія идей. Можетъ быть это и такъ, но вѣрнѣе, кажется, видѣть въ нихъ духъ истиннаго метода изслѣдованія природы, метода опыта, наблюденія и математической дедукціи, возвѣщенный еще ранѣе Леонардомъ да Винчи, и съ успѣхомъ уже примѣнявшійся Галилеемъ. Приводимъ для сопоставленія слѣдующія мѣста изъ Леонардо да Винчи, въ которыхъ онъ указываетъ, что̀ необходимо для, соразмѣрнаго предмету, изслѣдованія общихъ законовъ.

„Теорія—это генералъ, а практика—солдаты".

„Опытъ есть истолкователь уловокъ природы. Онъ никогда насъ не обманываетъ; само наше сужденіе,—вотъ то, что часто насъ обманываетъ, ибо мы ожидаемъ дѣйствій, не соотвѣтствующихъ опыту. Мы должны пользоваться опытомъ для измѣненія обстоятельствъ, пока не выведемъ изъ него общихъ законовъ, ибо это и есть тотъ путь, которымъ пріобрѣтается познаніе истинныхъ законовъ.".

„При изученіи наукъ, зависящихъ отъ математики, тѣ, которые совѣтуются не съ природою, а съ писателями, совсѣмъ не дѣти природы, это просто ея внуки. Природа есть единственная наставница истиннаго генія".

„При разработкѣ частнаго предмета я бы прежде всего началъ съ опытовъ; ибо мой пріемъ—преж-

де посовѣтоваться съ опытомъ, а затѣмъ уже доказать, почему тѣла вынуждены дѣйствовать такимъ-то образомъ. Таковъ методъ, которому должно слѣдовать для того, чтобъ развѣдать явленія природы. Совершенно вѣрно, что природа начинаетъ заключеніемъ, а кончаетъ опытомъ; пускай себѣ такъ, но мы должны слѣдовать обратному пути; какъ я сказалъ, мы должны начинать съ опыта и посредствомъ него стараться открывать общіе принципы".

Таковы же и начала изслѣдованія, указанныя Ньютономъ. Онъ далъ имъ окончательно право гражданства въ сферѣ естествознанія, а въ своемъ безсмертномъ трудѣ—неподражаемый примѣръ плодотворнаго ихъ примѣненія.

ГЛАВА IV.

Распространеніе ученія Ньютона въ Англіи и на континентѣ.— Заключеніе.

Ученіе о всеобщемъ тяготѣніи, подобно другимъ великимъ открытіямъ въ наукѣ, требовало извѣстнаго времени для своего распространенія. Въ самой Англіи, впрочемъ, лучшими умами страны оно было принято тотчасъ же. Такъ, Галлей, узнавшій объ открытіи Ньютона еще до напечатанія „Началъ", извѣщалъ о немъ, какъ о чемъ-то необыкновенномъ. Галлей, Ренъ и всѣ главные члены Королевскаго Общества приняли новую систему немедленно. Философъ Локкъ, Пеписъ и нѣкоторые другіе, не обладавшіе познаніями, необходимыми для основательнаго изученія системы, приняли „Начала" по довѣрію къ математикамъ. Что касается англійскихъ университетовъ, то и здѣсь ученіе Ньютона утвердилось безъ всякой борьбы. Кембриджскій университетъ, гдѣ Ньютонъ жилъ и работалъ 35 лѣтъ, гордился его славой и дѣлалъ все возможное для его прославленія. Такъ, Самуилъ Кларкъ, другъ Ньютона, на публичномъ диспутѣ въ 1694 г. защищалъ тезисъ, взятый изъ философіи Ньютона; онъ же напечаталъ изданіе

физики Рого, написанной въ духѣ Декартова ученія, съ примѣчаніями, въ которыхъ съ великимъ уваженіемъ говоритъ о Ньютонѣ; позднѣе въ это сочиненіе введены были важнѣйшіе пункты „Началъ". Уистонъ, преемникъ Ньютона по каѳедрѣ математики въ Кэмбриджскомъ университетѣ, распространялъ ученіе Ньютона какъ съ каѳедры, такъ и въ сочиненіяхъ, писанныхъ имъ для употребленія въ университетѣ. Лофтонъ, бывшій туторомъ, Бентлей, начальникъ коллегіи св. Троицы, Котесъ, одинъ изъ первыхъ математиковъ въ Кэмбриджѣ, употребляли всѣ усилія для распространенія Ньютонова ученія. Смитъ, преемникъ Бентлея, поставилъ въ капеллѣ коллегіи статую Ньютона работы Рубильяка, съ надпсью „qui genus humanum ingenio superavit". Въ Оксфордѣ Грегори и Галлей оба были ревностными и отличными учениками Ньютона. Первый изъ нихъ въ предисловіи къ своимъ „Началамъ физической и геометрической астрономіи" говоритъ, что цѣлью его было объяснить механику вселенной, которую Исаакъ Ньютонъ, князь геометровъ, поднялъ на такую высоту, что на нее всѣ смотрятъ съ удивленіемъ. Въ самой книгѣ находится подробное изложеніе принциповъ Ньютона и ихъ результатовъ. Кейль, ученикъ Грегори, излагалъ въ Оксфордѣ въ 1700 г. Ньютоновскую систему, сопровождая свои чтенія опытами, и напечаталъ замѣчательное введеніе въ „Начала". Джемсъ Грегори, въ Эдинбургѣ, издалъ въ 1690 г. трактатъ, состоящій изъ 22 отдѣленій, содержавшихъ въ себѣ сокращеніе „Началъ" Ньютона.

Воззрѣнія Ньютона повсюду распространялись въ Англіи, и не только посредствомъ книгъ, но и посредствомъ чтеній разныхъ экспериментаторовъ, напр. Дезагильера. Послѣдній, пріѣхавъ въ Лондонъ въ 1713 году, увидалъ, по его словамъ, что Ньютоново ученіе распространялось посредствомъ опытовъ между лицами всѣхъ званій, и даже между женщинами. Такимъ образомъ, еще при жизни Ньютона его ученіе было принято всѣми учеными Англіи и ревностно распространялось ими.

На континентѣ теорія Ньютона распространялась медленно. Въ эпоху Ньютона шла самая оживленная, даже ожесточенная борьба мнѣній между континентальными учеными, державшимися теоріи Декарта, и англійскими учеными, большею частію примыкавшими къ ученію Ньютона. Эту разницу въ настроеніи умовъ тогдашней эпохи Вольтеръ, въ своихъ „Философскихъ Опытахъ", изобразилъ слѣдующимъ остроумнымъ сопоставленіемъ: „французъ, пріѣзжая въ Лондонъ, находитъ бездну перемѣнъ въ философіи, да и во всемъ остальномъ. Онъ оставилъ міръ наполненнымъ матеріей и находитъ его пустымъ. Въ Парижѣ полагаютъ, что вселенная состоитъ изъ вихрей тончайшаго вещества; въ Лондонѣ никто уже этого не полагаетъ. У васъ тяготѣніе луны производятъ морскіе приливы и отливы; въ Лондонѣ утверждаютъ, что само море тяготѣетъ къ лунѣ, такъ что, когда парижане получаютъ отъ луны приливъ, лондонскіе джентльмены думаютъ, что они должны имѣть отливъ. Къ несчастію, этотъ споръ не можетъ быть рѣшенъ опытомъ, потому

что для этого мы должны бы были наблюдать луну такъ же, какъ приливы и отливы, въ самый моментъ ихъ созданія. Вы замѣтите еще, что солнце, которое во Франціи не принимаетъ въ этой работѣ ни малѣйшаго участія, въ Англіи исполняетъ цѣлую четверть ея. У нашихъ Картезіанцевъ все въ мірѣ дѣлается чрезъ подталкиваніе совершенно непонятное; у г. Ньютона основаніемъ всему служитъ притяженіе, причина котораго не болѣе извѣстна. Въ Парижѣ вы представляете, что земля у полюсовъ удлинена на подобіе яйца; въ Лондонѣ доказываютъ, что она сплюснута какъ дыня. Для Картезіанца свѣтъ существуетъ въ воздухѣ, для Ньютоніанца онъ исходитъ изъ солнца и доходитъ до насъ черезъ $6^1/_2$ минутъ. Въ вашей химіи все объясняется кислотами, щелочами и тончайшими веществами; въ Англіи притяженіе господствуетъ и въ химіи". Это было написано уже черезъ 30 лѣтъ послѣ появленія въ свѣтъ книги „Началъ". Такое сильное вліяніе Декарта на умы земляковъ объясняется какъ его важными математическими открытіями, такъ и тѣмъ, что теорія вихрей, придуманная имъ для объясненія небесныхъ движеній, была понятнѣе Ньютонова ученія, ибо объясняла движеніе самымъ нагляднымъ образомъ, —толчками, давленіями. Да кромѣ того, математики, послѣдователи Декарта, измѣнили и улучшили эту теорію такъ, что устранили бо́льшую часть приводившихся противъ нея возраженій. Однако же Ньютонъ помѣстилъ въ „Началахъ" цѣлый рядъ положеній, доказывавшихъ, что теорія вихрей, объясняя

одну часть небесныхъ явленій, противорѣчитъ другой.

Въ числѣ противниковъ Ньютонова ученія встрѣчаемъ имена блестящихъ ученыхъ того времени. Извѣстно, напр., что самъ Лейбницъ считалъ основную систему Ньютоновскихъ Началъ ошибочной и замѣнилъ ее другой системой собственнаго изобрѣтенія. Онъ объяснялъ движеніе планетъ посредствомъ эфирной жидкости. Иванъ Бернулли, Кассини долго еще упорно вѣрили въ вихри и въ неосязаемое вещество. Гюйгенсъ отвергалъ взаимное тяготѣніе частицъ другъ къ другу, хотя и допускалъ существованіе этой силы въ массахъ. Фонтенель, долгое время бывшій секретаремъ Парижской Академіи, оставался Картезіанцемъ до самой смерти своей.

Вообще, борьба этихъ противоположныхъ воззрѣній продолжалась до тѣхъ поръ, пока не вымерло совершенно поколѣніе Картезіанцевъ. Францію познакомилъ съ ученіемъ Ньютона Вольтеръ. Онъ дорожилъ славою Ньютона столько же, сколько и своею собственною извѣстностью, упоминалъ безпрестанно его имя въ сочиненіяхъ разнаго рода и наконецъ написалъ цѣлый томъ о его философіи, подъ заглавіемъ „Elements de la philosophie de Newton“. Послѣ появленія этого сочиненія (въ 1738 г.) и нѣкоторыхъ другихъ о томъ же предметѣ, ученіе Декарта должно было, наконецъ, уступить мѣсто теоріи всеобщаго тяготѣнія.

Сдѣлаемъ, въ заключеніе, общій обзоръ и оцѣнку важнѣйшихъ открытій Ньютона, оказавшихъ такое громадное вліяніе на все научное направленіе прошлаго и текущаго столѣтій.

1. Новый методъ математическаго изслѣдованія, изобрѣтенный Ньютономъ, оказался въ рукахъ его могучимъ орудіемъ, при помощи котораго онъ легко преодолѣвалъ трудности, казавшіяся до него непобѣдимыми.

2. Великіе предшественники Ньютона въ дѣлѣ изученія природы, указаніемъ истинныхъ началъ механики и опредѣленіемъ эмпирическихъ законовъ движенія планетъ подготовили почву для геніальнаго открытія Ньютона въ астрономіи. Окончательно утвердивъ естествознаніе на почвѣ опытно-математическаго изслѣдованія, Ньютонъ достигъ самыхъ высокихъ истинъ механики и, вооруженный ими, открылъ всеобщій законъ тяготѣнія, управляющій движеніями всѣхъ небесныхъ и земныхъ тѣлъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ, онъ указалъ своимъ послѣдователямъ истинный путь изслѣдованія природы. „Съ Ньютона, — говоритъ Гершель, — начинается эра полной зрѣлости человѣческаго ума“.

Открытіе закона всеобщаго тяготѣнія и слѣдствія, выведенныя изъ него самимъ Ньютономъ и его послѣдователями, составляютъ такой громадный матеріалъ, надъ изученіемъ и развитіемъ котораго трудятся и до сихъ поръ. „Небесная механика“ есть плодъ этого открытія.

3. Великое открытіе Ньютона въ оптикѣ — разложеніе свѣта — имѣетъ значеніе столь же всемір-

ное, какъ и всеобщее тяготѣніе. Ньютонъ какъ бы пророчествовалъ, когда оцѣнивалъ призматическій анализъ свѣта „какъ самое удивительное, если не самое значительное открытіе, которое до сихъ поръ было сдѣлано въ дѣйствіяхъ природы“.

Въ рукахъ современнаго естествоиспытателя призма Ньютона сдѣлалась тѣмъ неоцѣненнымъ орудіемъ, помощію котораго онъ узнаетъ вещественный составъ и строеніе небесныхъ тѣлъ. Призма Ньютона доказала единство вещественнаго состава и общее происхожденіе вселенной.

4. Профессоръ Тэтъ *, излагая законы, положенные Ньютономъ въ основаніе механики, говоритъ, что они, „къ сожалѣнію, не были поняты при его жизни, за то въ послѣднія десять или двѣнадцать лѣтъ выдвинулись на первый планъ науки и показали, до какой степени онъ опередилъ свое время, а въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ даже наше“. Истолковывая схолію (примѣчаніе) къ Ньютонову третьему закону движенія (законъ дѣйствія равнаго противодѣйствію), Тэтъ доказываетъ, что Ньютонъ былъ настолько близокъ къ современному взгляду на „сохраненіе силы“ **, что

* „Обзоръ новѣйшихъ успѣховъ физическихъ знаній“. Пер. Сѣченова. Глава II.

** Законъ сохраненія силы учитъ, что вселенная обладаетъ извѣстнымъ запасомъ рабочей силы (энергіи — по англійскому способу выраженія), который не можетъ быть измѣненъ, ни увеличенъ, ни уменьшенъ никакою перемѣною въ явленіяхъ, и этимъ запасомъ поддерживаются всѣ совершающіяся измѣненія. Всѣ измѣненія въ природѣ состоятъ въ томъ, что рабочая сила перемѣняетъ только свою форму (являясь то въ формѣ теплоты, то электричества и т. д.) и мѣсто, но количество ея остается безъ всякаго измѣненія.

ему не доставало только опытовъ, явившихся поздн҄ѣе, чтобы вполнѣ овладѣть предметомъ или, по крайней мѣрѣ, знать его настолько, какъ знаемъ теперь мы.

Одинъ изъ современныхъ основателей ученія о сохраненіи силы, извѣстный профессоръ Гельмгольцъ, высказывается въ томъ же смыслѣ, не обинуясь признавая, что въ приложеніи къ ограниченному кругу физическихъ явленій законъ этотъ высказанъ былъ еще Ньютономъ. Такимъ образомъ, Ньютона слѣдуетъ признать однимъ изъ родоначальниковъ ученія о сохраненіи силы, составляющаго славу нашего времени.

Съ именемъ Ньютона связаны, слѣдовательно, самыя широкія обобщенія, какихъ до сего времени могло достигнуть естествознаніе.

ПРИЛОЖЕНІЯ

ПРИЛОЖЕНІЕ I.

Полный переводъ вступленія въ Principia.

ОПРЕДѢЛЕНІЯ.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ I.

Количество матеріи измѣряется плотностью и объемомъ, взятыми совокупно.

Если плотность воздуха удвоить, то количество его сдѣлается вчетверо больше, если пространство удвоить, и въ шестеро больше, если пространство утроить. Тоже самое можно сказать о снѣгѣ и о порошкѣ, сгущенномъ обращеніемъ въ жидкое состояніе или сжатіемъ, равно и о всѣхъ тѣлахъ, сгущенныхъ какимъ бы то ни было образомъ.

Здѣсь я не обращаю вниманія на среду, наполняющую промежутки между частицами тѣлъ, предполагая, что такая среда существуетъ. Я обозначаю количество матеріи словами: тѣло или масса. Это количество познается посредствомъ вѣса каждаго тѣла: ибо я нашелъ при помощи весьма точныхъ опытовъ надъ маятниками, что вѣса тѣлъ пропорціональны ихъ массѣ; объ этихъ опытахъ я буду говорить далѣе.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ II.

Количество движенія есть произведеніе массы на скорость.

Движеніе цѣлаго есть сумма движеній отдѣльныхъ его частей; слѣдовательно, количество движенія будетъ вдвое больше, если масса тѣла вдвое больше, а скорость остается та-же; но если скорость удвоится, количество движенія будетъ вчетверо больше.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ III.

Сила, присущая матеріи (vis insita) есть способность матеріи представлять сопротивленіе. При посредствѣ этой силы тѣло пребываетъ въ своемъ состояніи покоя или равномѣрнаго движенія по прямой линіи.

Эта сила всегда пропорціональна количеству матеріи въ тѣлахъ, и отличается отъ того, что называютъ инерціей матеріи, только способомъ ея представленія. Инерція есть то, въ силу чего нельзя измѣнить безъ нѣкотораго усилія то состояніе, въ какомъ тѣло находится, будетъ-ли это движеніе или покой; потому то этой, присущей матеріи, силѣ можно дать весьма мѣткое наименованіе силы инерціи.

Тѣло обнаруживаетъ эту силу всякій разъ, когда имѣетъ мѣсто измѣненіе его настоящаго состоянія, и тогда можно ее разсматривать подъ двумя различными видами, или какъ силу сопротивленія или какъ импульсивную силу: какъ силу сопротивленія, когда тѣло сопротивляется силѣ, стремящейся измѣнить его состояніе; какъ импульсивную, когда тѣло дѣлаетъ усиліе, чтобы измѣнить состояніе сопротивляющагося ему препятствія.

Сопротивленіе обыкновенно приписываютъ тѣламъ находящимся въ покоѣ, а импульсивную силу движущимся тѣламъ; но движеніе и покой, какъ ихъ обыкновенно понимаютъ, только относительны: ибо тѣла, о которыхъ говорятъ, что они находятся въ покоѣ, не всегда бываютъ въ абсолютномъ покоѣ.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ IV.

Приложенная сила (vis impressa) есть производимое на тѣло принужденіе къ измѣненію его состоянія покоя или равномѣрнаго прямолинейнаго движенія.

Эта сила состоитъ единственно въ принужденіи и не остается въ тѣлѣ, какъ скоро ея дѣйствіе прекратилось. Но тѣло пребываетъ въ новомъ своемъ состояніи единственно въ силу инерціи. Приложенная сила можетъ имѣть различное происхожденіе; она можетъ быть произведена ударомъ, давленіемъ и центростремительною силою.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ V.

Центростремительная сила есть сила, влекущая тѣло къ нѣкоторой точкѣ, какъ къ центру, будетъ-ли оно влекомо или толкаемо къ этой точкѣ, или будетъ стремиться къ ней какимъ бы то ни было образомъ.

Тяжесть, влекущая всѣ тѣла къ центру земли; магнитная сила, притягивающая желѣзо къ магниту, а также сила, какова бы она ни была, уклоняющая въ каждое мгновеніе планеты отъ прямолинейнаго движенія, и заставляющая ихъ обращаться по кривымъ линіямъ, суть силы этого рода.

Камень, который заставляютъ вращаться при помощи пращи, дѣйствуетъ на руку, натягивая пращу, тѣмъ съ большею силою, чѣмъ быстрѣе вращеніе; и онъ тотчасъ же вырывается, если его не удерживать. Сила, производимая рукою для удержанія камня, равная и противоположная силѣ, съ которою камень натягиваетъ пращу, будучи всегда направлена къ рукѣ, центру описываемаго круга, и есть то, что я называю центростремительною силою. Тоже самое относится ко всѣмъ тѣламъ, движущимся кругообразно, всѣ они имѣютъ стремленіе удалиться отъ центра обращенія; и если бы не было нѣкоторой силы, дѣйствующей противоположно этому стремленію и удерживающей тѣла на ихъ орбитахъ, т. е. нѣкоторой цент-

ростремительной силы, они двигались бы по прямой линіи равномѣрнымъ движеніемъ.

Пуля не падала бы на землю, еслибы ее не побѣждала сила тяжести, но двигалась бы въ пространствѣ равномѣрно по прямой линіи, еслибы сопротивленіе воздуха не существовало. Слѣдовательно, отъ прямой линіи его удаляетъ тяжесть, заставляя непрерывно отклоняться къ землѣ; уклоненіе это болѣе или менѣе значительно, смотря по вѣсу тѣла и скорости его движенія. Чѣмъ меньше будетъ вѣсъ пули сравнительно съ количествомъ матеріи и чѣмъ больше будетъ ея скорость, тѣмъ менѣе она будетъ удаляться отъ прямой, и тѣмъ дальше будетъ летѣть, прежде чѣмъ упадетъ на землю.

Такимъ образомъ, если выстрѣлъ изъ пушки, сдѣланный горизонтально съ вершины горы, сообщаетъ ядру скорость, способную заставить его пройти пространство въ двѣ мили прежде чѣмъ оно упадетъ на землю; то при двойной скорости оно упало бы, пройдя пространство около четырехъ миль, а при скорости, въ десять разъ большей, пролетѣло бы вдесятеро дальше (если не принимать въ разсчетъ сопротивленіе воздуха); увеличивая скорость этого тѣла, мы увеличили бы произвольно путь, имъ проходимый, прежде чѣмъ оно упало бы на землю, и уменьшили бы кривизну описываемой имъ линіи, такъ что оно могло бы упасть на землю только на разстояніи 10, 30 или 90 градусовъ; или же, наконецъ, стало бы обращаться около земли, никогда на нее не упадая, или же, наконецъ, полетѣло бы въ небесное пространство, продолжая свой путь до безконечности.

Но по той же причинѣ, по которой брошенное тѣло могло бы обращаться вокругъ земли отъ дѣйствія тяжести, возможно, что и луна отъ дѣйствія тяжести (предполагая, что она тяготѣетъ) или какой-либо другой силы, уклоняющей ее къ землѣ, въ каждое мгновеніе уклоняется отъ прямолинейнаго направленія, приближаясь къ землѣ, и что она принуждена обращаться по кривой. Безъ такой силы она не могла бы держаться на своей орбитѣ. Если бы эта сила была меньше чѣмъ слѣдуетъ, она не могла бы въ достаточной мѣрѣ уклонять луну отъ пря-

молинейнаго пути; а еслибъ она была больше, то слишкомъ уклоняла бы ее и совлекла бы съ орбиты на землю. Слѣдовательно, величина этой силы должна быть опредѣленная; дѣло математиковъ—найти центростремительную силу, необходимую для того, чтобы заставить тѣло обращаться по данной орбитѣ и съ данною скоростью и наоборотъ,—опредѣлить кривую, по которой тѣло должно оброщаться подъ вліяніемъ данной центростремительной силы, выходя изъ нѣкотораго даннаго мѣста съ данною скоростью. Величину центростремительной силы можно разсматривать какъ абсолютную, ускорительную и движущую.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ VI.

Абсолютная величина центростремительной силы — больше или меньше, смотря по дѣятельности причины, распространяющейся отъ центра на окружающія части.

Такъ магнитная сила въ одномъ магнитѣ больше чѣмъ въ другомъ, смотря по величинѣ камня и по напряженности его мощи.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ VII.

Ускорительная величина центростремительной силы пропорціональна скорости, производимой ею въ данное время.

Такъ магнитная сила одного и того же магнита больше на маломъ разстояніи, чѣмъ на большомъ. Сила тяжести значительнѣе въ равнинахъ, меньше на вершинахъ весьма высокихъ горъ, какъ показали опыты съ маятникомъ, и должна быть еще меньше (какъ будетъ доказано далѣе) на большихъ разстояніяхъ отъ земли. На равныхъ же разстояніяхъ она одинакова по всѣмъ направленіямъ, потому что она сообщаетъ оди-

наковыя ускоренія всѣмъ падающимъ тѣламъ, тяжелымъ или легкимъ, большимъ или малымъ, если отвлечься отъ сопротивленія эѳира.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ VIII.

Движущая величина центростремительной силы пропорціональна движенію, производимому ею въ данное время.

Такъ вѣсъ тѣлъ тѣмъ больше, чѣмъ больше ихъ масса; и одно и то же тѣло вѣситъ больше у поверхности земли, чѣмъ на большомъ отъ нея разстояніи. Движущая величина центростремительной силы есть полная сила, съ которою тѣло стремится къ центру, и есть, собственно говоря, его вѣсъ; ее всегда можно опредѣлить, опредѣляя противоположную и равную силу, которая можетъ задержать паденіе тѣла. Я назвалъ эту трояко разсматриваемую величину центростремительной силы движущею, ускорительною и абсолютною ради краткости.

Для различенія можно ихъ относить къ тѣламъ, которыя притягиваются къ центру, къ мѣстамъ этихъ тѣлъ и къ центру силъ.

Центростремительную силу движущую можно относить къ тѣлу, разсматривая ее какъ усиліе, производимое всѣмъ тѣломъ, стремящимся приблизиться къ центру, причемъ это усиліе составляется изъ усилій всѣхъ его отдѣльныхъ частей.

Центростремительную силу ускорительную можно относить къ мѣсту тѣла, если разсматривать эту силу какъ дѣйствующую причину, распространяющуюся изъ центра на всѣ окружающія мѣста, чтобы двигать тѣла, тамъ находящіяся.

Наконецъ, абсолютную центростремительную силу относятъ къ центру, какъ къ нѣкоторой причинѣ, безъ которой движущія силы не распространялись бы во всѣ мѣста,

окружающія центръ, будетъ ли эта причина какое угодно центральное тѣло (какъ магнитъ въ случаѣ центра магнитной силы, и земля въ случаѣ центра притягательной силы), будетъ-ли, наконецъ, это какая либо иная причина, которой не замѣчаютъ. Этотъ пріемъ разсматриванія центростремительной силы —чисто математическій, ибо физическихъ причинъ мѣстопребыванія силъ я здѣсь не разсматриваю.

Слѣдовательно, центростремительная сила ускорительная относительно центростремительной силы движущей тоже самое, что скорость относительно движенія; ибо какъ количество движенія есть произведеніе массы на скорость, такъ количество центростремительной силы движущей есть произведеніе центростремительной силы ускорительной на массу, потому что сумма всѣхъ дѣйствій центростремительной силы ускорительной на каждую частицу тѣла есть движущая центростремительная сила всего тѣла. Потому-то у поверхности земли, гдѣ ускорительная сила тяжести одинакова во всѣхъ тѣлахъ, движущая тяжесть или вѣсъ тѣлъ пропорціоналенъ ихъ массѣ; но если бы подняться въ тѣ области, гдѣ ускорительная сила тяжести меньше, то вѣсъ тѣлъ былъ бы тамъ также меньше; такъ что онъ всегда пропорціоналенъ произведенію массы на ускорительную центростремительную силу. Такъ въ областяхъ, въ которыхъ центростремительная сила ускорительная вдвое меньше, вѣсъ тѣла, меньшаго вдвое или втрое, былъ бы въ четыре или въ шесть разъ меньше.

Впрочемъ, я беру здѣсь въ одномъ и томъ же смыслѣ притяженія и ускорительные и движущіе импульсы, и пользуюсь безразлично словами импульсъ, притяженіе или стремленіе къ нѣкоторому центру, ибо я разсматриваю эти силы въ смыслѣ математическомъ, а не физическомъ; а потому читатель не долженъ думать, что этими словами я хотѣлъ обозначить родъ и способъ дѣйствія или физическую причину; такъ что когда я выражаюсь, что центры притягиваютъ, говоря объ ихъ силахъ, не слѣдуетъ думать, что я хотѣлъ приписать какую-либо дѣйствительную или физическую силу этимъ центрамъ, которые я разсматриваю какъ математическія точки.

СХОЛІЯ. *

Я укажу смыслъ, въ какомъ я употребляю въ этомъ сочиненіи термины, не вошедшіе во всеобщее употребленіе. Что касается терминовъ времени, пространства, мѣста и движенія, они всѣмъ извѣстны; но нужно замѣтить, что разсматривая эти количества только по ихъ отношеніямъ къ ощутимымъ предметамъ, впали во многія погрѣшности.

Во избѣжаніе этихъ ошибокъ, слѣдуетъ различать время, пространство, мѣсто и движеніе—абсолютныя и относительныя, истинныя и кажущіяся, математическія и обыкновенныя.

I. Время абсолютное, истинное и математическое само по себѣ и по природѣ своей течетъ равномѣрно и безъ всякаго отношенія къ какому либо внѣшнему предмету. Его называютъ также продолжительностью.

Время относительное, кажущееся и взятое въ обычномъ смыслѣ есть ощутимая и внѣшняя, или точная, или неточная мѣра продолжительности, которою обыкновенно пользуются вмѣсто истиннаго времени: таковы часъ, день, мѣсяцъ, годъ.

II. Абсолютное пространство, по природѣ своей и безъ всякаго отношенія къ внѣшнимъ предметамъ, остается всегда себѣ тождественнымъ и неподвижнымъ.

Относительное пространство есть мѣра или подвижная часть абсолютнаго пространства, подлежащая нашимъ чувствамъ, въ силу своего положенія относительно другихъ тѣлъ, и смѣшиваемая въ обыденной жизни съ неподвижнымъ пространствомъ. Напр., часть пространства, взятая внутри земли; часть атмосферы; часть неба, опредѣляемая своимъ положеніемъ относительно земли.

Пространство абсолютное и пространство относительное одинаковы по роду и величинѣ, но не всегда одинаковы по числу. Напримѣръ, когда земля перемѣняетъ мѣсто въ пространствѣ,

---

* Примѣчаніе.

то пространство, содержащее нашу атмосферу, остается одинаково по отношенію къ землѣ, хотя воздухъ необходимо занимаетъ различныя части пространства, по которому онъ движется, и онъ дѣйствительно перемѣняетъ ихъ непрестанно.

III. Мѣсто есть часть пространства, занятая тѣломъ, и, по отношенію къ пространству, оно или относительно или абсолютно.

Я говорю, что мѣсто есть часть пространства, а не просто мѣсто или положеніе тѣла или поверхность, его ограничивающая. Ибо равныя твердыя тѣла всегда занимаютъ равныя мѣста, хотя ихъ поверхности часто не равны, по причинѣ несходства фигуръ. Положеніе же тѣла, собственно говоря, не есть величина; скорѣе это указаніе мѣста, чѣмъ мѣсто въ собственномъ смыслѣ слова.

Движеніе цѣлаго тождественно съ суммою движеній его отдѣльныхъ частей; а потому перемѣна мѣстъ цѣлаго тождественна съ суммою перемѣнъ мѣстъ отдѣльныхъ его частей. Потому это мѣсто должно быть внутреннимъ и быть во всемъ тѣлѣ (et propterea internus et in corpore toto).

IV. Абсолютное движеніе есть перемѣщеніе тѣлъ изъ одного абсолютнаго мѣста въ другое абсолютное мѣсто, а относительное движеніе есть перемѣщеніе изъ относительнаго мѣста въ другое относительное мѣсто. Такъ въ плывущемъ кораблѣ относительное мѣсто нѣкотораго тѣла есть часть корабля, въ которой это тѣло находится, или часть всего внутренняго пространства, занимаемая тѣломъ, и потому движущаяся вмѣстѣ съ кораблемъ. Относительный покой тѣла есть пребываніе тѣла въ одной и той же части внутренности корабля. Истинный покой тѣла есть, напротивъ того, его пребываніе въ той части неподвижнаго пространства, въ которой корабль предполагается движущимся со всѣми предметами, въ немъ находящимися. Поэтому еслибы земля находилась въ покоѣ, то тѣло находящееся въ относительномъ покоѣ въ кораблѣ, имѣло бы истинное и абсолютное движеніе, котораго скорость была бы равна скорости уносящей корабль по поверхности земли. Но какъ

земля движется въ пространствѣ, то истинное и абсолютное движеніе этого тѣла составляется частію изъ истиннаго движенія земли въ неподвижномъ пространствѣ, частію изъ относительнаго движенія корабля по поверхности земли, частію изъ относительныхъ движеній корабля по землѣ и тѣла въ кораблѣ, а изъ послѣднихъ двухъ движеній составляется относительное движеніе тѣла по землѣ. Пусть, напр., часть земли, на которой находится этотъ корабль, движется къ востоку со скоростью 10010 частей; а корабль уносился къ западу съ 10 частями этой скорости; пусть, наконецъ, штурманъ идетъ на кораблѣ къ востоку, со скоростью одной части: то послѣдній движется дѣйствительнымъ и абсолютнымъ движеніемъ въ неподвижномъ пространствѣ съ 10001 частью скорости къ востоку, и относительнымъ движеніемъ на землѣ къ западу съ 9 частями скорости.

Въ астрономіи различаютъ абсолютное время отъ относительнаго посредствомъ уравненія времени. Въ самомъ дѣлѣ, естественныя сутки не одинаковы, хотя ихъ обыкновенно и принимаютъ за равныя мѣры времени. Астрономы исправляютъ это неравенство, измѣряя движенія небесныхъ тѣлъ точнымъ временемъ.

Весьма возможно, что не существуетъ движенія вполнѣ равномѣрнаго, которое могло бы служить для точнаго измѣренія времени, ибо всѣ движенія могутъ ускоряться и замедляться; но теченіе абсолютнаго времени не можетъ быть измѣняемо.

Та же самая продолжительность и то же постоянство имѣютъ мѣсто для существованія всѣхъ вещей, будутъ-ли движенія быстры или медленны, или равны нулю. Далѣе, эта продолжительность отлична отъ ея ощутимыхъ чувствами мѣръ, и выводится изъ нихъ при помощи астрономическаго уравненія. Необходимость этого уравненія при опредѣленіи явленій достаточно доказывается какъ опытами съ маятничными часами, такъ и наблюденіями затмѣній спутниковъ Юпитера.

Порядокъ частей времени такъ же неизмѣненъ, какъ и частей пространства. Еслибы части пространства выходили изъ

своего мѣста, то онѣ, если можно такъ выразиться, удалялись бы отъ самихъ себя. Времена и пространства не имѣютъ иныхъ мѣстъ кромѣ самихъ себя, и служатъ мѣстами всѣхъ вещей. Все—во времени, что касается порядка послѣдовательности; все—въ пространствѣ, что касается порядка положенія. Сущность пространствъ въ томъ, что они—мѣста; было бы нелѣпо, чтобы первичное мѣсто двигалось. Эти мѣста, слѣдовательно,—мѣста абсолютныя, а изъ переноса изъ одного мѣста въ другое возникаетъ абсолютное движеніе.

Но какъ эти части пространства не могутъ быть ни видимы, ни различаемы одна отъ другой при помощи чувствъ, мы ихъ замѣняемъ ощутимыми мѣрами. Такъ, мѣста мы опредѣляемъ положеніями и разстояніями вещей отъ нѣкотораго тѣла, принимаемаго нами за неподвижное. Затѣмъ измѣряемъ и всѣ движенія тѣлъ, относя къ опредѣленнымъ мѣстамъ, поскольку мы ощущаемъ, что эти тѣла отъ нихъ удаляются. Такимъ образомъ, мы пользуемся, и весьма умѣстно, въ гражданской жизни мѣстами и движеніями относительными вмѣсто мѣстъ и движеній абсолютныхъ; но въ естествознаніи слѣдуетъ отвлекаться отъ чувствъ. Въ самомъ дѣлѣ, можетъ быть, что совсѣмъ не существуетъ никакого тѣла въ абсолютномъ покоѣ, къ которому можно бы было относить мѣста и движенія.

Покой и движеніе относительные и абсолютные различаются своими свойствами, причинами и дѣйствіями. Свойство абсолютнаго покоя состоитъ въ томъ, что тѣла, дѣйствительно находящіяся въ покоѣ, находятся въ покоѣ одно относительно другого. Такимъ образомъ, хотя и возможно, что въ области неподвижныхъ звѣздъ, или далеко за нею и существуетъ нѣкоторое тѣло, пребывающее въ абсолютномъ покоѣ, но какъ мы не имѣемъ возможности узнать изъ взаимнаго положенія близкихъ къ намъ тѣлъ, сохраняетъ-ли которое нибудь изъ нихъ или нѣтъ одно и тоже положеніе по отношенію къ тому отдаленному тѣлу, то и нѣтъ возможности опредѣлить, посредствомъ взаимнаго положенія этихъ тѣлъ, находятся ли они дѣйствительно въ покоѣ.

Свойство движенія состоитъ въ томъ, что части, сохраняющія данныя положенія относительно цѣлаго, участвуютъ въ движеніяхъ цѣлаго. Именно, если тѣло вращается около нѣкоторой оси, всѣ его части дѣлаютъ усиліе—удалиться отъ этой оси, если же оно имѣетъ движеніе поступательное, то полное движеніе тѣла есть сумма движеній всѣхъ его частей. Изъ этого свойства слѣдуетъ, что если движущееся тѣло вращается, то тѣла, содержащіяся въ немъ и находящіяся по отношенію къ нему въ относительномъ покоѣ, также движутся. Поэтому, движеніе истинное и абсолютное нельзя опредѣлить по перемѣщенію сосѣднихъ внѣшнихъ тѣлъ, которыя разсматриваются какъ тѣла находящіяся въ покоѣ. Необходимо, чтобы внѣшнія тѣла были не только принимаемы находящимися въ покоѣ, но чтобы и въ дѣйствительности они были въ покоѣ: иначе тѣла, въ нихъ заключающіяся, кромѣ перемѣщенія ихъ въ сосѣдствѣ окружающихъ тѣлъ, будутъ участвовать и въ истинномъ движеніи окружающихъ тѣлъ. Если же они не измѣняли бы своего положенія относительно окружающихъ предметовъ, то это не значило бы, что они находятся дѣйствительно въ покоѣ, но только считались бы находящимися въ покоѣ. Вращающіяся части находятся къ тѣламъ, въ нихъ содержащимся, въ такомъ же точно отношеніи, какъ внѣшняя часть цѣлаго къ внутренней, или какъ скорлупа къ ядру. Но если скорлупа движется, то движется и содержимое, хотя оно и не измѣняетъ своего положенія относительно окружающихъ его частей скорлупы,—будучи частью цѣлаго.

Изъ этого свойства движенія слѣдуетъ, что если нѣкоторое мѣсто движется, то и все, содержащееся въ немъ, также движется; а слѣдовательно тѣло, движущееся въ пространствѣ, находящемся въ движеніи, участвуетъ въ движеніи этого пространства. Поэтому всѣ движенія, совершающіяся въ движущихся мѣстахъ, суть лишь части цѣльныхъ и абсолютныхъ движеній. Всякое цѣльное движеніе тѣла составляется изъ движенія этого тѣла изъ его перваго мѣста, изъ движенія этого мѣста изъ того мѣста, въ которомъ само оно помѣщается, и такъ далѣе до тѣхъ поръ, пока не дойдемъ до мѣста неподвижнаго, какъ

въ приведенномъ выше примѣрѣ штурмана. Итакъ, цѣльныя и абсолютныя движенія могутъ быть опредѣлены только изъ разсматриванія ихъ въ неподвижномъ мѣстѣ: потому-то, я и относилъ выше абсолютныя движенія—къ мѣсту неподвижному, а движенія относительныя—къ движущемуся мѣсту. Неподвижныя мѣста—это такія, которыя сохраняютъ отъ вѣка до вѣка одни и тѣже относительныя положенія; слѣд. всегда остаются неподвижными и образуютъ пространство, называемое мною неподвижнымъ.

Причины, посредствомъ которыхъ можно отличать движеніе истинное отъ движенія относительнаго, суть силы, прилагаемыя къ тѣламъ для приведенія ихъ въ движеніе. Истинное движеніе тѣла можетъ быть произведено или измѣнено только силами, приложенными къ этому самому тѣлу; напротивъ того, относительныя движенія могутъ быть произведены и измѣнены, помимо дѣйствій этихъ силъ на эти тѣла. Достаточно, чтобы онѣ дѣйствовали на то другое тѣло, къ которому мы его относимъ; если это другое тѣло отступаетъ, то и отношеніе, въ которомъ и состоитъ покой или относительное движеніе тѣла, измѣняется. Наоборотъ, истинное движеніе тѣла всегда измѣняется дѣйствующими на него силами, между тѣмъ какъ относительное движеніе не измѣняется необходимо этими силами. Въ самомъ дѣлѣ, какъ скоро силы, дѣйствующія на это тѣло, дѣйствуютъ вмѣстѣ съ тѣмъ и на тѣ тѣла, къ которымъ его относятъ, такъ, что относительное положеніе сохраняется одно и то же, то и отношеніе, изъ котораго вытекаетъ относительное движеніе, остается неизмѣннымъ. Итакъ, всякое относительное движеніе можетъ измѣняться, между тѣмъ какъ истинное и абсолютное движеніе остается неизмѣннымъ и можетъ сохраняться безъ измѣненія, хотя бы абсолютное движеніе и измѣнилось. Итакъ, достовѣрно, что абсолютное движеніе вовсе не состоитъ въ этого рода отношеніяхъ.

Дѣйствующія причины, посредствомъ которыхъ можно отличить движеніе абсолютное отъ движенія относительнаго, суть силы, обнаруживаемыя вращающимися тѣлами, стремящимися удалиться отъ оси вращенія. Въ круговомъ движеніи чисто

относительномъ этихъ силъ не существуетъ, а въ круговомъ движенiи истинномъ и абсолютномъ они болѣе или менѣе значительны, смотря по количеству движенiя.

Если сообщить сосуду, привязанному къ длинной нити, вращательное движенiе до тѣхъ поръ, пока нить посредствомъ крученiя не сдѣлается, нѣкоторымъ образомъ, не гибкою, если затѣмъ наполнить сосудъ водою и обождавъ, пока вода и сосудъ придутъ въ состоянiе покоя, дадимъ нити свободу раскручиваться, сосудъ придетъ отъ этого въ движенiе, продолжающееся весьма долго: въ началѣ этого движенiя поверхность воды въ сосудѣ останется плоскою, какою она была до раскручиванiя нити; затѣмъ, когда движенiе сосуда мало-по-малу сообщится содержащейся въ немъ водѣ, вода начнетъ вращаться, поднимется къ краямъ и сдѣлается вогнутою, какъ я это узналъ по опыту. Въ то время какъ движенiе сосуда будетъ ускоряться, края воды будутъ болѣе и болѣе подниматься до тѣхъ поръ, пока ея обращенiя не будутъ оканчиваться въ одинаковыя времена съ временами полныхъ оборотовъ сосуда, послѣ чего вода придетъ въ относительный покой по отношенiю къ сосуду. Поднятiе воды къ краямъ сосуда указываетъ на усилiе, употребляемое ею для того, чтобы удалиться отъ центра движенiя, и изъ такого опыта можно опредѣлить и измѣрить истинное и абсолютное круговое движенiе воды, которое здѣсь совершенно противоположно ея о т н о с и т е л ь н о м у движенiю. Вначалѣ, когда относительное движенiе воды въ сосудѣ было всего больше, это движенiе не возбуждало въ ней никакого стремленiя удалиться отъ оси движенiя: вода не поднималась къ стѣнкамъ сосуда, а оставалась плоскою, и слѣдовательно еще неимѣла кругового движенiя и с т и н н а г о. Но затѣмъ, когда относительное движенiе воды начало уменьшаться, восхожденiе ея къ краямъ сосуда указывало на стремленiе удалиться отъ оси движенiя, и это стремленiе, все увеличивавшееся, указывало увеличенiе ея и с т и н н а г о круговаго движенiя. Это истинное движенiе достигло, наконецъ, наибольшей величины, когда вода оставалась въ сосудѣ въ относительномъ покоѣ. Стремленiе воды удалиться отъ оси движенiя

нисколько не зависитъ отъ перемѣщенія воды относительно окружающихъ тѣлъ, и слѣдовательно истинное круговое движеніе не можетъ быть опредѣляемо посредствомъ такихъ перемѣщеній. Истинное круговое движеніе всякаго вращающагося тѣла есть единственное, и соотвѣтствуетъ этому единственному стремленію, какъ бы будучи его естественною и точною мѣрою. Относительныя движенія разнообразны до безконечности, сообразно со всяческими отношеніями къ внѣшнимъ тѣламъ, и всѣ эти движенія, которыя суть ничто иное какъ отношенія, не имѣютъ никакого реальнаго эффекта, развѣ по стольку, по скольку они участвуютъ въ томъ истинномъ и простомъ движеніи.

Отсюда слѣдуетъ, что по системѣ, принимающей, что наша солнечная система вращается подъ небомъ неподвижныхъ звѣздъ и увлекаетъ планеты въ своемъ движеніи, всѣ части неба и планеты, находящіяся въ покоѣ относительно окружающихъ ихъ небесъ, дѣйствительно движутся. Въ самомъ дѣлѣ, они мѣняютъ свое положеніе относительно другъ друга (въ противоположность тому, что имѣетъ мѣсто въ тѣлахъ, пребывающихъ въ абсолютномъ покоѣ) и будучи увлекаемы вмѣстѣ съ частями окружающаго ихъ неба, участвуютъ въ движеніи послѣдняго; какъ части цѣлыхъ вращающихся системъ, они имѣютъ стремленіе удаляться отъ осей движенія.

Итакъ, относительныя величины не суть истинныя величины, имя которыхъ они носятъ, но лишь ощутимыя мѣры (истинныя или ошибочныя), употребляемыя обыкновенно вмѣсто измѣряемыхъ величинъ. Но какъ значеніе словъ должно соотвѣтствовать употребленію, какое изъ нихъ дѣлаютъ, то было бы ошибочно—разумѣть подъ именемъ времени, пространства, мѣста и движенія что либо иное, а не чувственныя мѣры этихъ количествъ, и рѣчь будетъ необычною и чисто математическою, если разумѣть подъ ними эти измѣряемыя величины. Потому, встрѣчая эти термины въ св. Писаніи, было бы несогласно съ священнымъ текстомъ принимать ихъ за истинныя количества вмѣсто того, чтобы считать ихъ количествами, служащими чувственною мѣрою вели-

чинъ; равнымъ образомъ было бы противно цѣли философіи и математики, смѣшивать эти обычныя мѣры или относительныя величины съ количествами абсолютными, которыя ими измѣряются.

Нужно признаться, что весьма трудно познать истинныя движенія каждаго тѣла и на самомъ дѣлѣ отличить ихъ отъ движеній кажущихся, ибо части неподвижнаго пространства, въ которыхъ совершаются истинныя движенія, не подлежатъ нашимъ чувствамъ. Однакоже, дѣло не совсѣмъ безнадежно. Въ самомъ дѣлѣ, для достиженія цѣли можно пользоваться какъ кажущимися движеніями, представляющими разности истинныхъ движеній, такъ и силами, которыя, какъ дѣйствующія причины, лежатъ въ основѣ истинныхъ движеній. Пусть, напр., два шара, связанные между собою нитью данной длины, начинаютъ вращаться около своего общаго центра тяжести; тогда натяженіе нити дастъ намъ мѣру усилія, дѣлаемаго шарами, чтобы удалиться отъ центра движенія, и отсюда можно опредѣлить количество кругового движенія. Затѣмъ, если, ударивъ одновременно оба эти шара въ противоположныя стороны и съ равными силами, увеличимъ или уменьшимъ круговое движеніе, то по увеличенію или уменьшенію натяженія нити узнаемъ увеличеніе или уменьшеніе движенія; а отсюда, наконецъ, найдемъ тѣ стороны шаровъ, къ которымъ должны быть приложены силы, чтобы на сколько возможно увеличить движеніе, т. е. заднюю сторону или ту, которая слѣдуетъ за этимъ круговымъ движеніемъ. Зная же эту сторону и ей противоположную, предшествующую сторону, будемъ знать и направленіе движенія.

Такимъ образомъ можно бы было опредѣлить какъ количество, такъ и направленіе этого кругового движенія въ каждомъ безконечно большомъ пустомъ пространствѣ, хотя бы тамъ и не было ничего внѣшняго и ощутимаго, къ чему можно бы было отнести движеніе этихъ шаровъ.

Если бы въ этомъ пространствѣ находились нѣкоторыя весьма отдаленныя тѣла, которыя сохраняли бы всегда одно и тоже взаимное положеніе, какъ неподвижныя звѣзды въ небесномъ пространствѣ, то по относительному движенію этихъ

шаровъ между этими тѣлами нельзя было бы распознать—принадлежитъ-ли это движеніе шарамъ или тѣмъ тѣламъ. Но если обратимъ вниманіе на нить и если окажется, что ея натяженіе точно таково, какъ требуетъ движеніе шаровъ, то изъ этого можно будетъ заключить, что движутся шары, а тѣла находятся въ покоѣ; а наконецъ по движенію этихъ шаровъ между тѣми тѣлами можно будетъ заключить и о направленіи движенія.

Далѣе будетъ подробнѣе указано, какимъ образомъ истинныя движенія могутъ быть познаваемы по ихъ причинамъ, дѣйствіямъ и кажущимся разницамъ, и какъ, наоборотъ, можно познавать по истиннымъ или кажущимся движеніямъ ихъ причины и дѣйствія: въ этомъ, главнымъ образомъ, и заключается цѣль слѣдующаго отдѣла.

АКСІОМЫ или ЗАКОНЫ ДВИЖЕНІЯ.

I ЗАКОНЪ.

Всякое тѣло пребываетъ въ состояніи покоя или равномѣрнаго движенія по прямой линіи до тѣхъ поръ, пока на него не подѣйствуетъ какая-нибудь сила и не заставитъ его измѣнить это состояніе.

Брошенныя тѣла сами по себѣ сохраняютъ свое движеніе, но сопротивленіе воздуха дѣйствуетъ замедляющимъ образомъ, а сила тяжести влечетъ ихъ къ землѣ. Волчокъ, части котораго, въ силу взаимнаго сцѣпленія, непрерывно уклоняются отъ прямолинейнаго движенія, прекращаетъ свое вращеніе только потому, что сопротивленіе воздуха (и треніе) мало-по-малу его останавливаетъ. Планеты и кометы, массы которыхъ весьма велики, сохраняютъ дольше свое прогрессивное и круговое движеніе, такъ какъ движутся въ пространствахъ, представляющихъ меньшее сопротивленіе.

II ЗАКОНЪ.

Измѣненіе движенія * пропорціонально движущей силѣ и совершается въ направленіи прямой, по которой дѣйствуетъ приложенная сила.

Если нѣкоторая сила производитъ опредѣленное движеніе, то сила вдвое бо́льшая произведетъ двойное движеніе, а сила

---

* Подъ движеніемъ Ньютонъ разумѣетъ то, что въ новой научной терминологіи называется **количествомъ движенія** (mv) или **моментомъ**.

Примѣч. переводчика.

втрое бо́льшая—движеніе втрое бо́льшее, подѣйствуетъ-ли она разомъ, или будетъ дѣйствовать мало-по-малу и послѣдовательно. Такъ какъ это движеніе всегда направлено въ сторону производящей силы, то оно будетъ придаваться къ тому движенію, которое тѣло уже имѣло, если направленіе одно и тоже; или изъ него вычитаться, если дѣйствіе противоположно, или же будетъ слагаться или вычитаться только частію, если оно наклонно въ отношеніи имѣвшагося уже движенія, и изъ этихъ двухъ движеній составится одно, направленіе котораго слагается изъ первыхъ двухъ.

III ЗАКОНЪ.

Дѣйствіе всегда равно и противоположно противодѣйствію, т. е. дѣйствія двухъ тѣлъ другъ на друга всегда равны и направлены въ противоположныя стороны.

Всякое тѣло, которое давитъ или тянетъ другое тѣло, само испытываетъ давленіе или тягу со стороны этого другого тѣла. Если давить пальцемъ на камень, то и палецъ испытываетъ давленіе со стороны камня. Если лошадь тащитъ камень посредствомъ веревки, то и камень съ тою же силою тянетъ къ себѣ лошадь; ибо веревка, ихъ соединяющая и натягиваемая въ обѣ стороны, одинаково ослабляется усиліемъ, таща камень къ лошади, а лошадь къ камню; и это усиліе настолько же противодѣйствуетъ движенію одного изъ этихъ тѣлъ, на сколько содѣйствуетъ движенію другого.

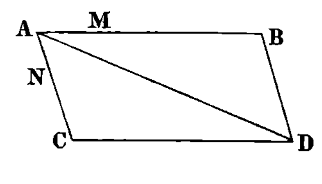
Когда одно тѣло ударяетъ другое и измѣняетъ его движеніе, какимъ бы то ни было образомъ, то и движеніе ударяющаго тѣла также измѣняется на такое же точно количество въ противоположномъ направленіи силою ударяемаго тѣла, по причинѣ равенства ихъ взаимнаго давленія. Въ силу этихъ взаимодѣйствій происходятъ равныя измѣненія не скоростей, а движеній, если только сюда не примѣшивается никакой посторонней помѣхи; ибо измѣненія скоростей, въ противоположныхъ направленіяхъ, должны быть обратно пропорціональны мас-

самъ, такъ какъ измѣненія движеній равны. Этотъ законъ имѣетъ мѣсто также и для притяженій, какъ это будетъ доказано въ слѣдующей схоліи.

СЛѢДСТВІЕ I.

Всякое тѣло, находящееся подъ дѣйствіемъ двухъ силъ, движется подъ совокупнымъ ихъ дѣйствіемъ по діагонали параллелограмма въ то время, въ какое оно проходило бы его стороны при дѣйствіи силъ порознь.

Если тѣло, въ теченіе извѣстнаго времени, силою M, сообщенною ему въ A, переносится равномѣрнымъ движеніемъ изъ A въ B, а силою N, приложенною въ томъ же мѣстѣ A, было бы перемѣщено изъ A въ C; то этими двумя силами совокупно оно будетъ перемѣщаемо въ тоже самое время по діагонали AD параллелограмма ABDC. Въ самомъ дѣлѣ, сила N, дѣйствуя по линіи AC, параллельной BD, въ силу второго закона движенія, не измѣнитъ скорости, съ которою это тѣло приближается къ линіи BD подъ дѣйствіемъ силы M. Слѣдовательно, тѣло достигнетъ линіи BD въ одно и то же время—будетъ ли къ нему приложена сила N, или нѣтъ; такъ-что въ концѣ этого времени оно будетъ въ нѣкоторой точкѣ линіи BD. Такимъ же точно образомъ докажемъ, что въ концѣ этого самаго времени тѣло будетъ находиться въ нѣкоторой точкѣ линіи CD. Слѣдовательно, оно необходимо будетъ находиться въ точкѣ пересѣченія D этихъ линій, и по первому закону движенія будетъ итти по прямой линіи отъ A къ D.



Фиг. 1.

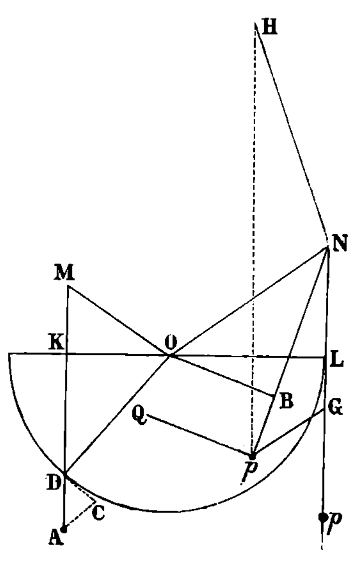
СЛѢДСТВІЕ II.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что прямолинейно дѣйствующая сила AD составляется изъ нѣкоторыхъ наклонныхъ силъ AB и BD, и обратно, что она можетъ быть

всегда разложена на нѣкоторыя косвенныя силы AB и BD. Это разложеніе и это сложеніе силъ подтверждается въ механикѣ на каждомъ шагу.

Пусть изъ центра O колеса выходятъ неравные радіусы OM, ON, поддерживающіе при помощи нитей MA, NP грузы A и P, и пусть ищутъ силы этихъ грузовъ, при помощи которыхъ колесо могло бы вращаться.

Проведемъ сначала черезъ центръ O прямую KOL, перпендикулярную въ точкахъ K и L къ нитямъ MA и NP. Изъ центра O радіусомъ OL, равнымъ большему изъ двухъ отрѣзковъ OK и OL, опишемъ кругъ. Затѣмъ проведемъ черезъ центръ O и черезъ точку пересѣченія D этой окружности съ нитью MA прямую OD, къ которой изъ точки A проведемъ параллель AC до пересѣченія въ C съ прямою DC, ей перпендикулярною. Такъ какъ безразлично, будутъ ли точки K, L и D нитей прикрѣплены или нѣтъ къ плоскости колеса, то грузы произведутъ одинаковое дѣйствіе, будутъ ли они приложены въ точкахъ K и L, или въ D и L.



Фиг. 2.

Итакъ, пусть полная сила тѣла A изображается линіей AD, и пусть эта сила разложена на двѣ силы: AC и CD; первая изъ нихъ, AC, дѣйствуя на радіусъ OD въ его направленіи, не можетъ содѣйствовать движенію колеса; но вторая DC, дѣйствуя на радіусъ OD перпендикулярно къ нему, производитъ такое же дѣйствіе, какъ будто бы она дѣйствовала перпендикулярно на радіусъ OL, равный OD. Слѣдовательно, она эквивалентна грузу P, если только этотъ грузъ относится къ грузу A, какъ

сила DC къ силѣ DA, или, что тоже (по причинѣ подобія треугольниковъ ADC и DOK), какъ OK къ OD или OL.

$$P : A = CD : DA = KO : OD = KO : OL.$$

Слѣдовательно, если грузы A и P взяты въ обратномъ отношеніи радіусовъ OK и OL, къ которымъ они приложены, они будутъ находиться въ равновѣсіи, въ чемъ заключается столь извѣстное свойство рычага, вѣсовъ и ворота. Если одинъ изъ грузовъ находится къ другому въ еще бо̀льшемъ отношеніи, онъ съ еще большею силою будетъ вращать колесо.

Положимъ теперь, что грузъ p, равный грузу P, частію поддерживается нитью Np, а частію наклонною плоскостью pG; проведемъ pH и NH, первую перпендикулярно къ горизонту, а вторую къ плоскости pG; тогда силу p (выраженную линіей pH), съ которою тѣло p тянетъ ее внизъ, можно будетъ разложить на двѣ: pN и NH. Если же плоскость pQ будетъ перпендикулярна къ нити pN и пересѣчена другою плоскостью pG по линіи параллельной горизонту; если, затѣмъ, грузъ p просто лежитъ на плоскостяхъ pQ и pG, то онъ будетъ давить на нихъ, соотвѣтственно, съ силами pN и HN. Поэтому, если удалить плоскость pQ, чтобы грузъ натягивалъ нить, то эта нить, заступившая мѣсто удаленной плоскости, будетъ натянута съ тою же силою pN, которая прежде давила на плоскость pQ. Поэтому, натяженіе нити, когда она имѣетъ наклонное положеніе pN, относится къ натяженію той же нити, когда она, какъ въ предыдущемъ случаѣ, имѣетъ вертикальное положеніе PN, какъ pN къ pH.

Итакъ, проведя OB перпендикулярно къ pN, если $p : A = OK : OB$, и вмѣстѣ съ тѣмъ: $p : A = pH : pN$, то оба груза будутъ съ одинаковою силою вращать колесо и, слѣдовательно, будутъ находиться въ равновѣсіи, въ чемъ всякій легко можетъ убѣдиться на опытѣ.

Грузъ p, опираясь на эти двѣ наклонныя плоскости, представляетъ такой же точно случай, какъ клинъ между двумя внутренними поверхностями тѣла, имъ раскалываемаго; а отсюда можно опредѣлить силы клина и молота. Въ самомъ дѣлѣ, силы, съ которыми тѣло p давитъ на плоскости pQ и pG, от-

носятся къ вертикальной силѣ, съ которою дѣйствуетъ молотъ, какъ

$$pN : pH,$$
$$HN : pH;$$

а потому и силы, давящія на pQ и pG, относятся какъ pN : HN.

Подобнымъ же разложеніемъ силъ можно найти силу винта, ибо винтъ есть ничто иное какъ клинъ, движимый рычагомъ. Отсюда очевидно, насколько плодотворно и разносторонне это слѣдствіе; оно можетъ служить основаніемъ всей механики, въ которой до сихъ поръ употреблялось столько различныхъ началъ. Изъ него легко вывести, напр., силы всѣхъ машинъ, составленныхъ изъ колесъ, барабановъ, блоковъ, рычаговъ, натянутыхъ веревокъ, грузовъ восходящихъ прямо или наклонно, и другихъ мощей, обыкновенно прилагаемыхъ въ машинахъ. Изъ него выводятся также силы, необходимыя мускуламъ для приведенія въ движеніе костей животныхъ.

СЛѢДСТВІЕ III.

Количество движенія, которое получается, если изъ суммы всѣхъ движеній, направленныхъ въ одну сторону, вычесть сумму движеній, направленныхъ въ сторону противоположную, не измѣняется отъ взаимодѣйствія тѣлъ.

Въ силу третьяго закона, дѣйствіе и противодѣйствіе равны; а по второму закону, они производятъ въ движеніяхъ равныя измѣненія въ противоположныхъ направленіяхъ. Поэтому, если движеніе совершается въ одну сторону, тогда то, что прибавляется къ движенію тѣла идущаго впереди, должно отниматься отъ движенія тѣла за нимъ слѣдующаго, такъ-что сумма движеній остается неизмѣнно та же. Если тѣла движутся навстрѣчу одно другому, то оба теряютъ по-ровну изъ своихъ движеній и, слѣдовательно, разность движеній, направленныхъ противоположно, остается всегда безъ перемѣны.

Пусть, напр., шаръ A втрое больше B, и обладаетъ двумя единицами скорости, а B за нимъ слѣдуетъ по той же прямой съ 10-ью единицами скорости, то количество движенія тѣла A будетъ относиться къ количеству движенія тѣла B какъ 2.3:1.10=6:10. Поэтому, если принять 6 и 10 за количества движенія этихъ тѣлъ, сумма ихъ движеній будетъ 16.

Когда эти тѣла встрѣтятся, то если тѣло A выиграетъ 3, 4 или 5 частей движенія, тѣло B столько же ихъ потеряетъ, такъ-что тѣло A продолжаетъ свой путь послѣ встрѣчи съ 9, 10 или 11 частями движенія, тѣло B будетъ итти съ 7-ью, 6 или 5, а сумма, какъ и прежде, будетъ 16. Если тѣло A выиграетъ 9, 10, 11 или 12 частей, и, слѣдовательно, будетъ продолжать свой путь послѣ удара съ 15, 16, 17 или 18 частями движенія, тѣло B, теряя все то, что выигрываетъ тѣло A, будетъ продолжать движеніе въ ту же сторону съ количествомъ движенія 1, потерявъ изъ него 9 частей, или остается въ покоѣ, потерявъ 10 частей движенія, которымъ оно обладало, или пойдетъ назадъ съ 1 или 2 частями движенія, потерявъ всѣ 10 частей движенія, какія оно имѣло и сверхъ того (если я могу такъ выразиться) еще 1 или 2 части. При этомъ, сумма движеній равна 16+0, а разность движеній противоположныхъ=17—1 и 18—2, т. е. неизмѣнно составляютъ 16 частей, какъ и до удара и отраженія.

Слѣдовательно, зная количество движенія, съ которымъ тѣла движутся послѣ отраженія, найдемъ скорость каждаго, положивъ, что скорости до и послѣ встрѣчи относятся какъ количества движенія до и послѣ отраженія. Такъ, въ послѣднемъ случаѣ, когда тѣло A обладало 6-ью частями движенія до соударенія, и 18-ю послѣ онаго, и 2 частями скорости до соударенія, нашли бы, что скорость x послѣ встрѣчи была бы 6, такъ какъ 6 частей движенія до встрѣчи относятся къ 18 частямъ послѣ встрѣчи, какъ 2 части скорости до встрѣчи относятся къ 6 частямъ скорости послѣ встрѣчи (6:18=2:x). Если бы тѣла не были сферическія, или же, еслибы двигаясь по различнымъ прямымъ линіямъ, они ударялись бы косвенно, то для нахожденія ихъ движенія послѣ отраженія нужно бы

было начать съ изысканія положенія плоскости, касающейся соударяющихся тѣлъ въ точкѣ встрѣчи; затѣмъ (на осн. слѣд. 2) нужно будетъ разложить движеніе каждаго тѣла на два движенія—одно перпендикулярное, а другое параллельное этой касательной плоскости; а такъ какъ тѣла дѣйствуютъ другъ на друга только по линіи перпендикулярной къ касательной плоскости, то движенія ей параллельныя будутъ одинаковы до и послѣ отраженія; движенія же перпендикулярныя испытываютъ равныя измѣненія въ противоположныхъ направленіяхъ, такъ-что сумма движеній согласныхъ и разность движеній противоположныхъ останутся всегда такія же какъ и прежде.

По образу такихъ именно отраженій происходятъ обыкновенно и круговыя движенія тѣлъ вокругъ ихъ центровъ; но я не буду разсматривать этого случая, ибо доказательство всего, сюда относящагося, было бы весьма продолжительно.

СЛѢДСТВІЕ IV.

Общій центръ тяжести двухъ или нѣсколькихъ тѣлъ не измѣняетъ своего состоянія покоя или движенія отъ взаимнаго дѣйствія этихъ тѣлъ; такъ-что общій центръ тяжести всѣхъ тѣлъ взаимодѣйствующихъ (предполагая, что нѣтъ никакого дѣйствія извнѣ и никакой преграды) всегда находится въ покоѣ, или движется равномѣрно по прямой линіи.

Въ самомъ дѣлѣ, если двѣ точки движутся равномѣрно и прямолинейно и если разстояніе между ними раздѣлить въ данномъ отношеніи, то точка дѣленія будетъ находиться въ покоѣ, или же будетъ двигаться равномѣрно по прямой линіи. Это будетъ доказано далѣе въ леммѣ 23 и въ примѣчаніи къ ней * для случая когда обѣ точки движутся въ одной плоскости; это же самое легко доказать тѣмъ же методомъ для движенія въ пространствѣ. Поэтому, если сколько угодно тѣлъ движутся

* См. примѣчаніе А, стр. 183.

равномѣрно по прямымъ, то общій центръ тяжести какихъ угодно двухъ изъ нихъ будетъ или въ покоѣ, или будетъ двигаться равномѣрно по прямой линіи; ибо линія, соединяющая центры тяжести этихъ тѣлъ, будетъ раздѣлена ихъ общимъ центромъ тяжести въ данномъ отношеніи. Такъ же точно, общій центръ тяжести этихъ двухъ тѣлъ и третьяго будетъ въ покоѣ или будетъ двигаться равномѣрно по прямой, потому что линія, соединяющая общій центръ тяжести этихъ двухъ тѣлъ съ центромъ тяжести третьяго тѣла, будетъ также раздѣлена общимъ центромъ тяжести этихъ трехъ тѣлъ въ данномъ отношеніи. Наконецъ, общій центръ тяжести этихъ трехъ тѣлъ и нѣкотораго четвертаго будетъ находиться въ покоѣ или двигаться равномѣрно по прямой линіи; ибо прямая, соединяющая общій центръ тяжести этихъ трехъ тѣлъ съ центромъ тяжести 4-го будетъ раздѣлена общимъ центромъ тяжести всѣхъ четырехъ тѣлъ въ данномъ отношеніи и т. д. до безконечности.

Въ системѣ тѣлъ, которыя свободны какъ отъ всякихъ взаимныхъ, такъ и отъ извнѣ привходящихъ дѣйствій и потому движущихся, каждое порознь, равномѣрно по прямой, общій центръ тяжести или будетъ находиться въ покоѣ, или двигаться равномѣрно по прямой линіи.

Далѣе, такъ какъ въ системѣ двухъ тѣлъ, дѣйствующихъ одно на другое, разстоянія центровъ тяжести каждаго изъ этихъ двухъ тѣлъ отъ ихъ общаго центра тяжести обратно пропорціональны массамъ тѣлъ, относительныя движенія этихъ тѣлъ при удаленіи или приближеніи къ этому общему центру тяжести, будутъ равны между собою. Точно также равныя и противоположныя измѣненія, имѣющія мѣсто при движеніи этихъ тѣлъ, слѣдовательно, ихъ взаимное дѣйствіе другъ на друга, ничего не измѣнятъ въ состояніи ихъ общаго центра тяжести, который не получитъ ни ускоренія, ни замедленія и никакой перемѣны въ своемъ состояніи движенія или покоя.

Въ системѣ нѣсколькихъ тѣлъ, если два какія либо изъ нихъ дѣйствуютъ одно на другое, общій центръ тяжести всѣхъ тѣлъ не измѣняетъ своего состоянія покоя или движенія. Ибо об-

щій центръ тяжести этихъ двухъ тѣлъ нисколько не измѣняетъ своего состоянія вслѣдствіе того дѣйствія, потому и центръ тяжести остальныхъ не претерпѣваетъ никакого измѣненія отъ этого дѣйствія, ибо оно не распространяется на нихъ. Но разстояніе этихъ двухъ центровъ тяжести раздѣлится общимъ центромъ тяжести всѣхъ тѣлъ на части, обратно пропорціональныя полнымъ суммамъ тѣлъ, которыхъ центрами тяжести они служатъ. А потому, такъ какъ эти два центра сохраняютъ свое состояніе покоя или движенія, то и общій центръ всѣхъ этихъ тѣлъ сохранитъ свое состояніе.

Но въ такой системѣ всѣ взаимныя дѣйствія тѣлъ имѣютъ мѣсто или между какими либо двумя тѣлами, или составляются изъ взаимодѣйствій двухъ тѣлъ; а слѣдовательно, они не производятъ никакого измѣненія въ состояніи покоя или движенія общаго центра тяжести всѣхъ этихъ тѣлъ. Поэтому-то, такъ какъ этотъ центръ пребываетъ въ покоѣ или же движется равномѣрно по прямой линіи, когда тѣла не дѣйствуютъ другъ на друга, то онъ будетъ, не нарушая взаимодѣйствія этихъ тѣлъ, находиться въ покоѣ или двигаться равномѣрно по прямой линіи, если только внѣшнія силы не нарушатъ этого состоянія.

Итакъ, для системы нѣсколькихъ тѣлъ, что касается пребыванія въ состояніи покоя или равномѣрнаго движенія по прямой линіи, на которой они находятся, имѣетъ мѣсто тотъ же законъ, что̀ и для отдѣльныхъ тѣлъ. А именно, поступательное движеніе какъ отдѣльнаго тѣла, такъ и системы нѣсколькихъ тѣлъ должно быть всегда оцѣниваемо по движенію ихъ центра тяжести.

СЛѢДСТВІЕ V.

Движенія тѣлъ, заключенныхъ въ нѣкоторомъ пространствѣ, одинаковы, будетъ-ли это пространство находиться въ покоѣ или двигаться равномѣрно по прямой линіи безъ кругового движенія.

Ибо разности движеній, направленныхъ въ одну сторону, и суммы движеній, направленныхъ въ стороны противоположныя, одинаковы въ началѣ движенія въ томъ и другомъ случаѣ (по предположенію), а изъ этихъ то суммъ или разностей и возникаютъ движенія и удары, посредствомъ которыхъ тѣла дѣйствуютъ другъ на друга. Потому, въ силу второго закона, дѣйствія соударенія будутъ одинаковы въ этихъ обоихъ случаяхъ; а слѣдовательно, взаимныя движенія этихъ тѣлъ въ одномъ изъ этихъ случаевъ, останутся равными ихъ взаимнымъ движеніямъ въ другомъ случаѣ, что и подтверждается ежедневнымъ опытомъ. Въ самомъ дѣлѣ, движенія, происходящія на кораблѣ, одинаковы, будетъ ли корабль итти равномѣрно по прямой линіи, или находиться въ покоѣ.

СЛѢДСТВІЕ VI.

Если тѣла движутся какимъ-нибудь образомъ одно относительно другого, и если на нихъ дѣйствуютъ равныя ускорительныя силы по параллельнымъ направленіямъ, они будутъ продолжать двигаться совершенно такъ же, какъ еслибы эти силы не были къ нимъ приложены.

Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ эти силы дѣйствуютъ одинаково (въ отношеніи количества матеріи приводимыхъ въ движеніе тѣлъ) и по параллельнымъ линіямъ, они будутъ двигать всѣ эти тѣла съ равными скоростями, по второму закону. Поэтому они не измѣнятъ взаимныхъ положеній и движеній этихъ тѣлъ.

СХОЛІЯ.

Вышеизложенныя начала приняты всѣми математиками и подтверждаются безчисленнымъ множествомъ опытовъ. Первые два закона движенія и первыя два слѣдствія позволили Галилею открыть, что паденіе тяжелыхъ тѣлъ пропорціонально квадрату временъ, и что брошенныя тѣла описываютъ параболу, что согласно съ опытомъ, если отвлечься отъ сопротивленія возду-

ха, замедляющаго нѣсколько всѣ эти движенія. Отъ этихъ же законовъ и слѣдствій зависятъ доказательства, относящіяся къ продолжительности качаній маятника, каждодневнымъ опытомъ подтверждающіяся на часахъ. Такъ какъ тяжесть постоянна, она дѣйствуетъ одинаково въ равные элементы времени, и потому сообщаетъ падающимъ тѣламъ скорости и силы равныя; а въ теченіе всего времени она сообщаетъ имъ полную силу и полную скорость, пропорціональныя времени. Но пространства, пройденныя въ пропорціональныя времена, относятся пропорціонально скоростямъ и временамъ совокупно, т. е. пропорціонально квадратамъ временъ. Слѣдовательно, когда тѣло брошено вверхъ, постоянная тяжесть сообщаетъ ему силы и уменьшаетъ скорости пропорціонально временамъ. Такимъ образомъ время, потребное тѣлу для поднятія на наибольшую высоту, пропорціонально скоростямъ, теряемымъ отъ дѣйствія тяжести, а эти высоты относятся какъ времена помноженныя на скорости, или пропорціональны квадратамъ скоростей. Движеніе тѣла, брошеннаго по нѣкоторой прямой, слагается поэтому изъ движенія метательнаго и изъ движенія, сообщаемаго тяжестью. Въ силу этого, если тѣло A, подъ вліяніемъ одного только метательнаго движенія можетъ описать въ данное время прямую AB, а подъ вліяніемъ одного только движенія, влекущаго тѣло къ землѣ, оно могло бы пройти въ тоже самое время линію AC; то, заключая параллелограмъ ABCD, найдемъ, что сложнымъ движеніемъ оно придетъ въ концѣ этого времени въ точку D; а кривая AED, имъ описанная, будетъ парабола, къ которой линія AB касается въ точкѣ A, и которой ордината BD пропорціональна AB^2.

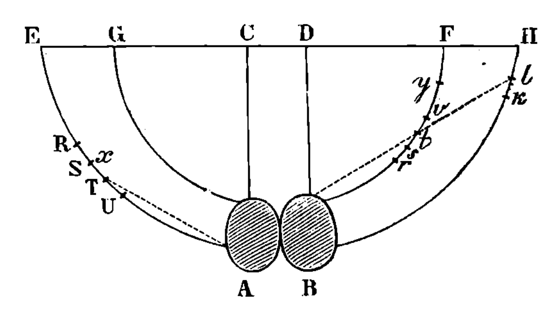
Фиг. 3.

При помощи этихъ самыхъ законовъ и третьяго Христофоръ Реннъ (Wrenn), Иванъ Валлисъ, S. T. D., и Христіанъ Гюйгенсъ, безспорно первые геометры нашего времени, открыли, независимо другъ отъ друга, законы удара и отраженія твердыхъ тѣлъ. Почти одновременно они сообщили свои открытія Королевскому Обществу; открытія эти (что касается зако-

новъ) вполнѣ согласны другъ съ другомъ. Валлисъ первый сообщилъ о нихъ Королевскому Обществу, затѣмъ Реннъ, и наконецъ Гюйгенсъ; но только Реннъ подтвердилъ ихъ опытомъ надъ маятниками передъ Королевскимъ Обществомъ, который знаменитый Маріоттъ счелъ достойнымъ изложить въ особой книгѣ.

Чтобы этотъ опытъ вполнѣ согласовался съ теоріей, нужно принять въ разсчетъ какъ сопротивленіе воздуха, такъ и силу упругости соударяющихся тѣлъ.

Пусть будутъ A и B сферическія тѣла, подвѣшенныя на параллельныхъ и равныхъ нитяхъ AC и BD, прикрѣпленныхъ къ центрамъ C и D; и пусть изъ этихъ точекъ, какъ изъ центровъ, радіусами AC и BD будутъ описаны полуокружности EAF, GBH, раздѣленныя каждая пополамъ радіусами AC и BD. Поднимемъ тѣло A до нѣкоторой точки R. дуги EAF, и удаливъ



Фиг. 4.

тѣло B, дадимъ тѣлу A падать; пусть оно, совершивъ колебаніе, возвратится въ точку U. Тогда RU будетъ выражать замедленіе, причиненное сопротивленіемъ воздуха. Если взять затѣмъ дугу ST, равную четвертой части RU, и помѣщенную такъ, чтобы RS=UT, и RS:ST=3:2, то ST выразитъ приближенно замедленіе, испытанное тѣломъ A вслѣдствіе сопротивленія воздуха при опусканіи отъ S до A. *

Затѣмъ возвратимъ тѣло B на прежнее мѣсто, и пустимъ тѣло A падать отъ точки S, то его скорость въ точкѣ A, гдѣ

* См. Примѣчаніе B, стр. 184.

оно должно отразиться, будетъ, безъ чувствительной погрѣшности, такова же, какъ если бы оно падало отъ точки T въ пустотѣ. Слѣдовательно, эта скорость выразится хордою дуги TA; ибо, по извѣстной теоремѣ, скорость маятника въ самой нижней точкѣ паденія пропорціональна хордѣ пройденной имъ дуги. Пусть тѣло A пришло послѣ отраженія въ s, а тѣло B въ k, пусть снова будетъ удалено тѣло B, и пусть мы нашли, что если A будетъ падать изъ v, то, по окончаніи одного колебанія, оно приходитъ въ r. Пусть тогда st будетъ четвертая часть rv, помѣщенная такъ, чтобы rs=tv, тогда хорда tA будетъ весьма точно изображать скорость, какую имѣло тѣло A въ A тотчасъ послѣ отраженія, ибо t будетъ истиннымъ и исправленнымъ мѣстомъ, въ которое тѣло A должно бы было подняться, если отвлечься отъ сопротивленія воздуха. Такимъ же образомъ можно исправить мѣсто k, до котораго восходитъ тѣло B; и можно найти мѣсто l, до котораго оно должно бы было подняться въ пустотѣ. Этимъ способомъ можно устроить эти опыты такъ, какъ бы мы находились въ пустотѣ. Наконецъ, если мы хотимъ имѣть движеніе тѣла A, въ точкѣ A, непосредственно передъ отраженіемъ, нужно помножить тѣло A, если позволительно такъ выразиться, на хорду дуги TA, выражающую его скорость; и, наконецъ, нужно его помножить на хорду дуги tA, чтобы знать его движеніе въ точкѣ A, тотчасъ после отраженія. Такимъ же образомъ, нужно помножить тѣло B на хорду дуги Bl, для того чтобы имѣть его движеніе непосредственно послѣ отраженія.

Тѣмъ же способомъ слѣдуетъ опредѣлять движеніе того и другого тѣла, когда они будутъ падать въ одно и тоже время съ двухъ различныхъ высотъ, какъ до такъ и послѣ отраженія, и лишь послѣ этого сравнивать ихъ движенія между собою, чтобы вывести отсюда дѣйствія соударенія. Слѣдуя этой методѣ, я производилъ опыты съ маятниками въ 10 футовъ длиною, къ которымъ я подвѣшивалъ то равныя, то неравныя тѣла. При этомъ я заставлялъ ихъ соударяться, пуская падать съ весьма значительныхъ высотъ, въ 8, 12 и 16 футовъ, и всегда находилъ, съ ошибкою меньшею 3 дюймовъ, каково бы-

ло измѣненіе движенія обоихъ тѣлъ въ противоположныхъ направленіяхъ; а также, что противодѣйствіе всегда было равно дѣйствію. Когда, напримѣръ, тѣло А, обладая 9 частями движенія, ударяло въ тѣло В, находившееся въ покоѣ, и потерявъ 7 частей движенія, продолжало послѣ отраженія двигаться съ двумя частями, тѣло В отскакивало съ этими 7-ью частями.

Когда оба тѣла встрѣчались, А съ 12 частями движенія, а В съ 6, и послѣ удара А возвращалось съ 2 частями, то В возвращалось съ 8-ью, такъ-что было 14 частей потери съ каждой стороны. Въ самомъ дѣлѣ, если изъ движенія А отнять сперва 12 частей, то не останется ничего; если затѣмъ отнять еще 2 части, то отсюда возникнутъ 2 части движенія въ противоположную сторону. Такимъ же точно образомъ, отнимая 14 частей отъ 6 частей движенія тѣла В, найдемъ 8 частей движенія въ противоположную сторону.

Когда оба тѣла двигались въ одну сторону, А быстрѣе съ 14-ю частями движенія, а В медленнѣе—съ 5-ью частями, и когда послѣ встрѣчи тѣло А продолжало двигаться дальше съ 5 частями, то В двигалось съ 14 частями, такъ-что оно пріобрѣтало 9 частей, которыя тѣло А теряло; тоже самое имѣло мѣсто во всѣхъ остальныхъ случаяхъ. Количество движенія никогда не измѣнялось отъ удара, какъ можно было заключить по суммѣ движеній согласующихся между собою и по разности движеній противоположныхъ; ошибки же въ одинъ или въ два дюйма, которыя получались при измѣреніяхъ, я приписываю трудности производства этихъ измѣреній съ достаточною точностью.—Трудно было заставить падать маятники одновременно, такъ чтобы тѣла встрѣчались въ самой низшей точкѣ AB, а также и отмѣчать съ точностью мѣста s и k, до которыхъ тѣла поднимались послѣ удара. Кромѣ того, сюда могли примѣшиваться другіе источники ошибокъ, каковы—неодинаковая плотность частей подвѣшиваемыхъ тѣлъ, ихъ различное строеніе и т. п.

А чтобы мнѣ не возражали, что законъ, который я хотѣлъ доказать этими опытами, предполагаетъ тѣла или совершенно твердыя, или по крайней мѣрѣ, совершенно упругія, каковыхъ

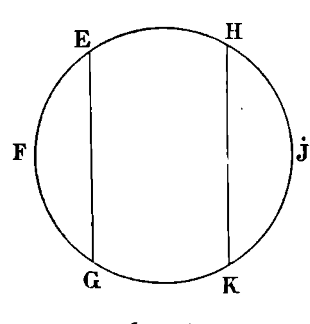
въ природѣ не имѣется, то я прибавлю, что описанные опыты удаются столько же надъ тѣлами мягкими, какъ и надъ твердыми, и что слѣдовательно истина этого начала не зависитъ отъ условія твердости. Въ самомъ дѣлѣ, если хотятъ подвергнуть опыту тѣла не совершенно твердыя, нужно будетъ только уменьшить отраженіе въ извѣстномъ отношеніи сообразно съ количествомъ упругой силы. По теоріи Ренна и Гюйгенса, тѣла совершенно твердыя, послѣ соударенія удаляются одно отъ другого съ тою же скоростью, какую они имѣли при ударѣ. Съ большею достовѣрностью подтверждается это въ случаѣ совершенно упругихъ тѣлъ. Что касается тѣлъ не совершенно упругихъ, то скорость, съ которою они возвращаются послѣ удара, должна быть уменьшена соотвѣтственно съ упругой силою; ибо эта сила (если только части тѣла не измѣнены ударомъ, или если они не испытываютъ растяженія какъ напр., при ударѣ молотомъ) какъ я замѣтилъ, постоянна и опредѣленна, и обусловливаетъ собою то, что тѣла отскакиваютъ съ относительною скоростью, находящеюся къ относительной скорости удара въ данномъ отношеніи. Я испыталъ это надъ шерстяными клубками, сильно сжатыми.

Я началъ съ опредѣленія количества упругой силы, заставляя падать маятники и измѣряя величину отраженія. А зная эту силу, я опредѣлилъ величину отраженія въ другихъ случаяхъ соударенія, и нашелъ что опыты ей соотвѣтствовали. Клубки всегда удалялись одинъ отъ другого послѣ удара съ относительною скоростью, находящеюся къ относительной скорости ихъ при ударѣ, почти какъ 5:9. Стальные шары отскакивали почти съ тою же скоростью; шары изъ пробки отскакивали со скоростью немного меньшею; а въ случаѣ стеклянныхъ шаровъ эти скорости, находились приблизительно въ отношеніи 15 къ 16. Итакъ, третій законъ, поскольку онъ относится къ удару и отраженію тѣлъ, доказывается теоріею, а опытъ вполнѣ съ нею согласуется.

Я покажу, что тоже можно сказать и о притяженіяхъ. Вообразите между притягивающимися тѣлами А и В какую нибудь преграду, мѣшающую имъ соединиться. Пусть А сильнѣе при-

тягивается къ B, чѣмъ B къ A; въ такомъ случаѣ тѣло A будетъ сильнѣе давить на преграду, чѣмъ B; по этому, она не будетъ находиться въ равновѣсіи. Болѣе сильное давленіе превозможетъ и система, состоящая изъ этихъ тѣлъ и преграды, между ними находящейся, будетъ двигаться по прямой линіи къ B, и въ пустотѣ будетъ удаляться въ безконечность, двигаясь непрерывно ускоряющимся движеніемъ. Это нелѣпо и противорѣчитъ первому закону движенія, по которому наша система должна пребывать въ своемъ состояніи покоя или равномѣрнаго движенія по прямой линіи. Поэтому тѣла должны одинаково давить на преграду, и слѣд., одинаково притягиваться другъ къ другу. Я дѣлалъ въ подтвержденіе этого опытъ надъ желѣзомъ и магнитомъ. Если желѣзо и магнитъ, каждое тѣло отдѣльно, помѣстить въ небольшихъ сосудахъ на поверхности тихо стоящей воды, то когда эти сосуды соприкоснутся, ни тотъ ни другой не будутъ двигаться; но въ силу равенства ихъ взаимнаго притяженія они будутъ поддерживать равновѣсіе и останутся въ покоѣ.

Точно также, тяготѣніе между землею и ея частями взаимно; ибо если предположить, что земля FJ разсѣчена плоскостью EG на двѣ части: EGF и EGJ, взаимныя дѣйствія этихъ частей другъ на друга будутъ равны. Въ самомъ дѣлѣ, если большую часть EGJ разсѣчь другою плоскостью HK, параллельною первой, на двѣ части EGHK и HJK, изъ которыхъ HJK=EFG, то ясно, что средняя часть EGHK не будетъ увлекаема собственнымъ вѣсомъ ни къ той ни къ другой изъ крайнихъ частей, но что она будетъ между ними, такъ сказать, висѣть и покоиться въ равновѣсіи. Но внѣшняя часть HJK всѣмъ своимъ вѣсомъ давить на среднюю и толкаетъ ее къ другой крайней части EFG. Поэтому, сила, съ которою часть EGJ, состоящая изъ частей HKJ и EGKH, притягивается къ третьей части EFg, равна вѣсу части HKJ.



Фиг. 5.

т. е. вѣсу третьей части—EFG. Итакъ, обоюдныя давленія частей EGJ и EFG другъ на друга равны, что я и желалъ доказать. Если же эти тяготѣнія не были бы равны, вся земля, плавающая въ свободномъ эфирѣ, должна бы была уступить большему вѣсу и удалиться въ безконечность.

Подобно тому какъ тѣла, которыхъ скорости обратно пропорціональны присущимъ имъ силамъ, при соударенiи и при отраженiи равномощны, такъ и въ механическихъ инструментахъ движущія силы имѣютъ одинаковую мощь, и въ случаѣ противоположныхъ стремленій взаимно уравновѣшиваются, когда скорости обратно пропорціональны силамъ. Такъ грузы двигаютъ съ одинаковою мощью коромысло вѣсовъ, когда при качаніи послѣдняго они обратно пропорціональны своимъ скоростямъ вверхъ и внизъ, т. е. вѣса, прямолинейно поднимающіеся и опускающіеся, равномощны, когда они обратно пропорціональны разстояніямъ ихъ точекъ приложенія отъ оси. Когда они поднимаются и опускаются наклонно по наклоннымъ плоскостямъ или по инымъ подставленнымъ предметамъ, то они равномощны, когда они обратно пропорціональны вертикальнымъ восхожденіямъ и нисхожденіямъ, и именно вертикальнымъ, ибо они-то и указываютъ направленіе тяжести. Такимъ же образомъ, на воротѣ или на подъемной машинѣ сила руки, которая тянетъ прямолинейно веревку, будетъ въ равновѣсіи съ грузомъ, когда отношеніе ея къ прямо или косвенно поднимающемуся грузу обратно отношенію скорости руки къ скорости вертикально восходящаго груза. Въ часахъ и подобныхъ инструментахъ, составленныхъ изъ небольшихъ колесъ, силы, служащія для поддержанія движенія колесъ и для задержки таковаго будутъ находиться въ равновѣсіи, если онѣ обратны скоростямъ колесъ, къ которымъ онѣ приложены. Сила прессоваго винта относится къ силѣ руки, вращающей гайку, какъ круговое движеніе послѣдней къ поступательной скорости пресса въ направленіи къ тѣлу. Силы, съ которыми клинъ давитъ на обѣ стороны раскалываемаго дерева, относятся къ силѣ молота, дѣйствующаго на клинъ, какъ скорость послѣдняго въ направленіи удара молота къ скорости, съ кото-

рою части дерева раздаются перпендикулярно къ бокамъ клина. Это отношеніе имѣетъ мѣсто во всѣхъ машинахъ. Дѣйствіе и употребленіе ихъ состоитъ въ томъ, что уменьшеніемъ скорости мы увеличиваемъ силу, и наоборотъ, благодаря чему въ надлежаще приспособленныхъ машинахъ всякаго рода разрѣшается задача о передвиженіи даннаго груза посредствомъ данной силы, или о преодолѣніи какого либо даннаго сопротивленія посредствомъ данной силы.

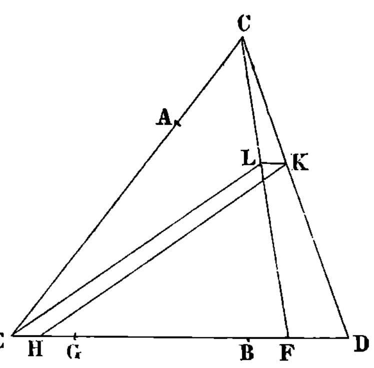
Если машины построены такъ, что скорость дѣйствующей и сопротивляющейся части обратно пропорціональны силамъ, то дѣйствующая сила будетъ уравновѣшивать сопротивленіе, если же первая будетъ больше, то она будетъ преодолѣвать сопротивленіе. Если она настолько больше, что будетъ преодолѣно и всякое такое сопротивленіе, которое обыкновенно возникаетъ отъ тренія взаимно связанныхъ и скользящихъ одно по другому тѣмъ, отъ сцѣпленія соединенныхъ между собою и отдѣляемыхъ другъ отъ друга тѣлъ и наконецъ отъ поднимаемыхъ грузовъ: тогда, по преодолѣніи каждаго сопротивленія, излишекъ силы производитъ пропорціональное себѣ ускореніе движенія частію въ частяхъ машины, частію въ сопротивляющемся тѣлѣ.

Впрочемъ, мы не имѣемъ намѣренія трактовать здѣсь о механикѣ; мы хотѣли только показать, какъ далеко хватаетъ третій законъ и какова его опредѣленность. Ибо если измѣрять дѣйствіе какого либо двигателя произведеніемъ его силы на скорость, а противодѣйствіе скоростями отдѣльныхъ частей, помноженными на силы сопротивленія, все равно, происходятъ ли послѣднія отъ тренія, сцѣпленія, тяжести или ускоренія;— то дѣйствіе и противодѣйствіе во всѣхъ возможныхъ сочетаніяхъ машинъ всегда равны между собою. Какъ бы далеко ни простиралась дѣйствующая причина при посредствѣ машины, переносимая подъ конецъ на всякое сопротивляющееся тѣло, она всегда будетъ равна противодѣйствію. *

---

* Для болѣе основательнаго усвоенія Ньютоновскихъ законовъ движенія слѣдовало бы прибавить къ нимъ толкованія, безъ которыхъ смыслъ этихъ законовъ можетъ быть понятъ

ПРИМѢЧАНІЕ А—. **Лемма 23.** Пусть двѣ данныя по положенію линіи AC и BD ограничены данными точками A и B и находятся между собою въ данномъ отношеніи; пусть затѣмъ соединительная прямая CD будетъ раздѣлена въ точкѣ K въ томъ же самомъ отношеніи; тогда точка K будетъ находиться на прямой, данной по положенію.



Пусть AC и BD пересѣкаются въ точкѣ E; возьмемъ на прямой BE точку G такъ, чтобы

$$BG : AE = BD : AC. \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

и пусть всегда имѣемъ

$$FD = EG.$$

Въ такомъ случаѣ

$$(AE + AC) : (BG + BD) = AC : BD \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

а такъ какъ

$$AE + AC = CE$$

и

$$BG + BD = GD = GF + FD = GF + GE = EF,$$

отчасти неправильно, отчасти неполно. Но такого рода толкованія заняли бы много мѣста; поэтому мы прямо отсылаемъ читателя къ капитальнымъ трудамъ Максвеля и Тэта, въ которыхъ находится подробнѣйшее разъясненіе смысла сказанныхъ законовъ, съ переводомъ ихъ на языкъ современной науки. Труды эти переведены на русскій языкъ и озаглавлены такъ:

Клеркъ Максуэлъ. Матерія и движеніе.

П. Дж. Тэтъ.—Свойства матеріи. (Здѣсь истолкованію Ньютоновскихъ законовъ посвящена глава VI.)

П. Г. Тэтъ.—Обзоръ нѣкоторыхъ изъ новѣйшихъ успѣховъ физическихъ знаній. (Толкованію Ньютоновскихъ законовъ отведены лекціи II и XIV, гдѣ указано, между прочимъ, что Ньютоново второе толкованіе третьяго закона движенія представляетъ почти полное ученіе о сохраненіи энергіи).

то

$$CE : EF = \text{данной вел. } AC : BD \quad . \; . \; . \; (3)$$

так. обр. △ EFC данъ по виду. Пересѣчемъ далѣе CF въ точкѣ L такъ, чтобы

$$CL : CF = CK : CD \quad . \; . \; . \; (4);$$

то и △ EFL будетъ имѣть данный видъ, и потому точка L будетъ лежать на данной по положенію прямой линіи EL. Проведемъ KL. то какъ FD и отношеніе

$$LK : FD$$

даны, то извѣстна и прямая LK. Накопецъ, возьмемъ

$$EH = LK,$$

тогда ELKH будетъ параллелограммъ и точка K будетъ находиться на данной по положенію сторонѣ HK параллелограмма. Что и т. д.

Прибавленіе. По причинѣ данной по виду фигуры EFLC, три линіи EF, EL и EC или

GD, HK и EC

имѣютъ данное взаимное отношеніе.

ПРИМѢЧАНІЕ B.—(Черт. 4). RU выражаетъ полное замедленіе, испытываемое маятникомъ вслѣдствіе сопротивленія воздуха, въ то время какъ онъ совершаетъ двойное колебаніе; поэтому, та же самая сопротивляющаяся сила произвела бы замедленіе $\frac{1}{2}$RU во время простого колебанія маятника. Но начальную точку послѣдняго (колебанія) слѣдуетъ помѣстить ни въ R и ни въ U, но въ какой-либо промежуточной между ними точкѣ, ибо тѣло претерпѣло большее замедленіе, описывая бо́льшую дугу перваго, нежели описывая меньшую дугу второго колебанія. Эту промежуточную точку получимъ приблизительно, взявъ ST=$\frac{1}{4}$RU въ срединѣ такъ, чтобы точка x дѣлила пополамъ какъ ST, такъ и RU.

Въ самомъ дѣлѣ, если y есть точка на AF, которой маятникъ достигаетъ послѣ перваго колебанія изъ R, то RA—Ay есть замедленіе въ теченіи перваго, а Ay=AU замедленіе въ те-

ченіи второго колебанія, и приблизительно $RA - Ay = Ay - AU$, или $Ay = \frac{1}{2}(RA + AU)$, тогда какъ точно $Ax = \frac{1}{2}(AR + AU)$ и слѣд. съ тою же степенью приближенія

$$Ax = Ay = \frac{1}{2}(AR + AU) = \frac{1}{4}(AR + AU + 2Ay) = \frac{1}{4}(Ry + Uy).$$

Поэтому, SA будетъ нѣсколько больше, а TA нѣсколько меньше, чѣмъ $\frac{1}{4}(Ry + Uy)$, при чемъ обѣ заключающіяся въ скобкахъ дуги описываетъ маятникъ, пущенный изъ R. Если же онъ падаетъ изъ S, то въ теченіи паденія до A испытываетъ замедленіе нѣсколько большее $\frac{1}{4}RU$; напротивъ того, восходя затѣмъ по TA, испытываетъ замедленіе почти на столько же меньшее $\frac{1}{4}RU$, а потому можно положить полное замедленіе падающаго изъ S маятника во время одного колебанія равнымъ $\frac{1}{2}RU$. Хотя та часть, которая должна бы быть прибавлена при паденіи по SA, для того чтобы скорость маятника въ A была меньше, чѣмъ еслибы онъ падалъ въ безвоздушномъ пространствѣ по TA, и больше чѣмъ $\frac{1}{4}RU$; тѣмъ не менѣе разница эта такъ мала, что ею можно пренебречь.

(Вольферсъ.)

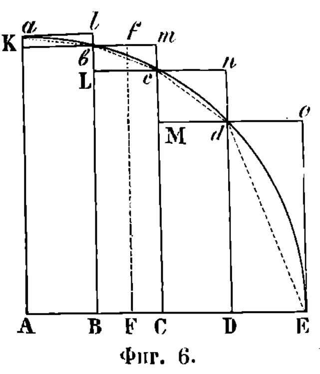
ПРИЛОЖЕНІЕ II.

О методѣ первыхъ и послѣднихъ отношеній. (Principia: О движеніи тѣлъ, кн. I, отд. 1).

1. Лемма.—Величины, равно и отношенія величинъ, постоянно приближающіяся въ данное время къ равенству, при чемъ до истеченія этого времени разность между ними можетъ сдѣлаться менѣе всякой данной величины, становятся наконецъ равными между собою.

Если бы это было не такъ, то пусть послѣдняя ихъ разность равна D. Въ такомъ случаѣ, они могли бы приближаться къ равенству между собою только до извѣстной данной разницы между ними, что противно положенію.

2. Лемма. Пусть въ какой либо фигурѣ AacE, ограниченной прямыми Aa, AE и кривою acE, будетъ построено произвольно большое число параллелограммовъ Ab, Bc, Cd и т. д. на равныхъ основаніяхъ AB, BC, CD, и т. д. и на сторонахъ Bb, Cc, Dd, и т. д., параллельныхъ Aa; прибавимъ сюда параллелограммы aKbl, bLcm, cMdn, и т.д.; далѣе, станемъ уменьшать основанія AB=BC=CD и т. д. этихъ параллелограммовъ и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивать ихъ чи-



Фиг. 6.

сло до безконечности: то подконецъ вписанная фигура станетъ равна описанной фигурѣ, т. е.

$$AKbLcMdD = AalbmcndoE = AabcdE.$$

Въ самомъ дѣлѣ, разность между вписанной и описанной фигурою

$$aKbl + bLcm + cMdn + dDEo = AalB,$$

ибо $AB = BC = CD = DE$. Но $Aalb$, вслѣдствіе уменьшенія до безконечности ея ширины AB, будетъ меньше всякой данной величины; слѣдовательно (по 1) вписанная и описанная, а тѣмъ болѣе между ними лежащая криволинейная фигура сдѣлаются равными между собою. Что и т. д.

3. Лемма. Послѣднія отношенія этихъ трехъ фигуръ будутъ равны и тогда, когда основанія AB, BC, CD и т. д. параллелограммовъ неравны и всѣ они уменьшаются до безконечности.

Пусть будетъ AF наибольшая ширина, и пусть завершенъ параллелограммъ $FAKf$. Онъ будетъ больше разности между вписанною и описанною фигурою, и если его ширину AF уменьшать до безконечности, то и самъ онъ станетъ меньше всякаго даннаго прямоугольника. Что и т. д.

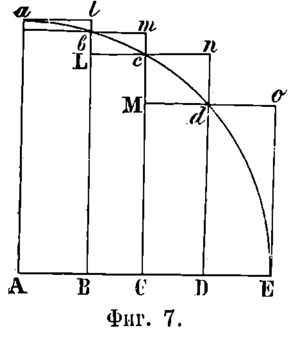
Прибавленіе 1. Поэтому послѣдняя сумма этихъ исчезающихъ параллелограммовъ во всѣхъ отношеніяхъ совпадаетъ съ криволинейною фигурою.

Прибавленіе 2. Тѣмъ болѣе прямолинейная фигура, ограниченная хордами ab, bc, cd и т. д., соотвѣтствующими дугамъ, подконецъ совпадаетъ съ криволинейною фигурою.

Прибавленіе 3. Тоже самое относится къ прямолинейной фигурѣ, ограниченной соотвѣтствующими этимъ хордамъ касательными.

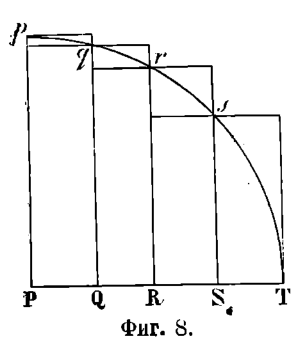
Прибавленіе 4. Поэтому эти послѣднія фигуры, что касается контура acE, представляютъ не прямолинейные, но криволинейные предѣлы прямыхъ линій.

4. Лемма. Если въ двухъ фигурахъ AacE, PprT, впишемъ, какъ и прежде, два ряда параллелограммовъ, число которыхъ въ той и другой фигурѣ было бы одинаково, и основанія ихъ будемъ уменьшать до безконечности; если, далѣе, послѣднія отношенія отдѣльныхъ параллелограммовъ одной фигуры къ отдѣльнымъ другой одинаковы: то обѣ фигуры AacE и PprT находятся въ томъ же отношеніи другъ къ другу.



Фиг. 7.

Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ суммы отдѣльныхъ параллелограммовъ относятся между собою какъ эти послѣдніе, то обѣ фигуры находятся въ томъ же отношеніи, ибо по § 3 сумма параллерограммовъ въ каждой фигурѣ находится къ этой послѣдней въ отношеніи равенства.

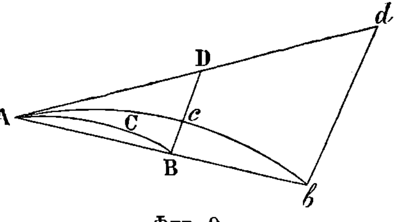


Фиг. 8.

Прибавленіе. Поэтому, если раздѣлить двѣ величины какого угодно рода на одинаковое произвольно большое число частей, и если эти части при безконечномъ увеличеніи ихъ числа и безконечномъ уменьшеніи ихъ величины стоятъ другъ къ другу, именно первая къ первой, вторая ко второй и т. д. въ данномъ отношеніи; то и цѣлыя величины находятся другъ къ другу въ томъ же отношеніи. Въ самомъ дѣлѣ, если въ фигурахъ этой леммы разсматривать параллелограммы какъ части, то суммы частей слѣдуетъ всегда разсматривать какъ суммы параллелограммовъ. Слѣдовательно, эти суммы, при безконечномъ увеличеніи числа и безконечномъ уменьшеніи величины параллелограммовъ, стоятъ въ томъ же отношеніи какъ и параллелограммы т. е., по предположенію, въ послѣднемъ отношеніи одной части къ другой.

5. Лемма. Всѣ соотвѣтственныя одна другой стороны подобныхъ фигуръ пропорціональны, какъ криволинейныя, такъ и прямолинейныя, а ихъ площади относятся какъ квадраты сторонъ.

6. Лемма. Если данная по положенію дуга ACB стягивается хордою AB, и въ какой либо точкѣ A, въ срединѣ непрерывной кривизны, къ ней касается прямая линія AD; если, затѣмъ, точки A и B сближаются и наконецъ сливаются одна съ другой; то уголъ BAD, образуемый хордою и касательною, уменьшается неограниченно и наконецъ исчезаетъ.



Фиг. 9.

Если бы уголъ не исчезалъ, то дуга ACB составляла бы съ касательной AD уголъ, равный нѣкоторому прямолинейному, и кривизна въ точкѣ A не была бы непрерывною, что противно положенію. Или иначе: если продолжить AB до b и AD до d, то когда A совпадетъ съ B, и уже никакая часть AB линіи Aв не лежитъ внутри кривой, прямая Ab должна будетъ или совпадать съ касательной Ad, или заключаться между касательною и кривою. Послѣдній случай противорѣчитъ природѣ кривизны, а потому имѣетъ мѣсто первый. Что и т. д.

7. Лемма. При тѣхъ-же предположеніяхъ, послѣднее отношеніе дуги, хорды и касательной другъ къ другу есть отношеніе равенства.

Въ то время какъ B приближается къ A, продолжаемъ AB и AD до b и d, и проводимъ

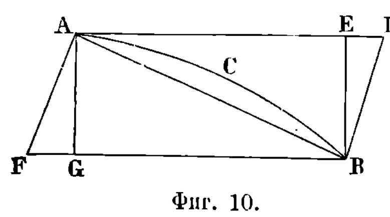
$$bd \parallel BD,$$

и пусть постоянно дуга

$$ACB \backsim Acb.$$

При совпаденіи точекъ A и B, уголъ dAb по § 6 исчезаетъ; слѣд. прямыя Aв, Ad и лежащая между ними дуга Acb совпадаютъ и потому равны между собою. А потому и пропорціональныя имъ прямыя линіи AB, AD и дуга ACB исчезаютъ и имѣютъ послѣднимъ отношеніемъ равенство. Что и т. д.

Прибавленіе. 1. Если провести



Фиг. 10.

$$BF \parallel AD,$$

и если BF пересѣкаетъ произвольную линію AF въ F, то подконецъ отношеніе BF къ исчезающей дугѣ AB есть отношеніе равенства.

Въ самомъ дѣлѣ, завершивъ параллелограммъ AFBD, имѣемъ

$$BF = AD.$$

Прибавленіе 2. Если чрезъ B и A проведемъ произвольныя прямыя линіи BD, BE, AF, AG, пересѣкающія касательную AD и ей параллельную линію BF въ точкахъ D, E, F, G; то послѣднее отношеніе всѣхъ абсциссъ AD, AE, BF, BG, хорды AB и дуги ACB есть отношеніе равенства.

Прибавленіе 3. Поэтому при всякомъ доказательствѣ, относящемся къ этимъ послѣднимъ отношеніямъ, каждая изъ этихъ линій можетъ быть поставлена на мѣсто другой.

8. Лемма. Если данныя прямыя линіи AB и BR образуютъ съ дугою ACB, хордою AB и касательною AD треугольники ACBR, ABR, ADR, а точки A и B приближаются другъ къ другу, то послѣдняя форма ихъ будетъ одна другой подобна, а послѣднимъ отношеніемъ ихъ будетъ отношеніе равенства.

Продолжимъ AB, AD, AR, до b, d, r, проведемъ

$$rbd \parallel RBD$$

и

$$\text{дуг. } Acb \sim ACB.$$

Фиг. 11.

При совпаденіи точекъ A и B уголъ bAd исчезаетъ, потому треугольники

$$Acbr,\ Abr,\ Adr$$

совпадаютъ и становятся конгруентны; слѣд., и подобные имъ треугольники

ACBR, ABR, ADR

будутъ конгруентны. Что и т. д.

Прибавленіе. Поэтому, вездѣ, гдѣ дѣло идетъ о послѣднихъ отношеніяхъ этихъ треугольниковъ, они могутъ быть замѣняемы одинъ другимъ.

9. Лемма. Данныя положеніемъ кривая ABC и прямая AE пересѣкаются въ точкѣ A, и абсциссамъ AD, AE соотвѣтствуютъ ординаты DB, EC. По мѣрѣ приближенія точекъ B и C къ A, отношеніе треугольниковъ ADB и AEC подконецъ становится квадратомъ отношенія сторонъ.

Въ самомъ дѣлѣ, на продолженной линіи AD возьмемъ точки d и e такъ, чтобы

$$AD : AE = Ad : Ae,$$

то ординаты

$$DB : db = EC : ec.$$

Затѣмъ, продолжимъ AC до c, проведемъ

Abc ∽ ABC

и касательную Ag къ обѣимъ кривымъ, которая пересѣчетъ ординаты въ точкахъ

F, G, f, g.

Пусть, затѣмъ, точки B и C совпадаютъ съ A, то уголъ cAg исчезаетъ, а криволинейныя фигуры

Abd, Ace

совпадаютъ съ прямолинейными

Afd, Age.

Фиг. 12.

Поэтому, по § 5, онѣ будутъ относиться, какъ

$$Ad^2 : Ae^2.$$

Но площади Abd, Ace всегда пропорціональны площадямъ ABD, ACE, а стороны Ad, Ae сторонамъ AD, AE. Поэтому послѣднимъ отношеніемъ будетъ

$$ABD : ACE = AD^2 : AE^2.$$ Что и т. д.

10. Лемма. Пути, описываемые тѣломъ подъ дѣйствіемъ нѣкоторой конечной правильной силы, будетъ-ли она опредѣленна и неизмѣнна, или же будетъ постоянно увеличиваться или уменьшаться, въ началѣ движенія пропорціональны квадратамъ временъ.

Въ самомъ дѣлѣ, если изобразимъ времена линіями AD, AE (предыд. фиг.), а произведенныя скорости ординатами DB, EC; то площади ABD, ACE будутъ выражать пути, описанные съ этими скоростями или этими ординатами, а эти пути (по § 9) въ началѣ движенія пропорціональны квадратамъ временъ AD, AE. Что и т. д.

Прибавленіе 1. Отсюда легко заключить слѣдующее: тѣла описываютъ подобныя части подобныхъ фигуръ въ пропорціональныя времена и вслѣдствіе равныхъ силъ, приложенныхъ къ этимъ частямъ подобнымъ образомъ, производятъ уклоненія отъ пути, измѣряемыя отъ того мѣста фигуры, до котораго эти тѣла достигли бы безъ тѣхъ силъ въ тѣ же пропорціональныя времена. А потому эти уклоненія приблизительно относятся такъ, какъ квадраты временъ, въ которыя они произведены.

Прибавленіе 2. Но уклоненія, производимыя силами пропорціональными и подобно приложенными, относятся какъ эти силы и квадраты временъ совокупно.

Прибавленіе 3. Тоже самое относится и къ пространствамъ, описываемымъ тѣлами подъ вліяніемъ различныхъ силъ. Эти пространства относятся, въ началѣ движенія, какъ силы и квадраты временъ совокупно.

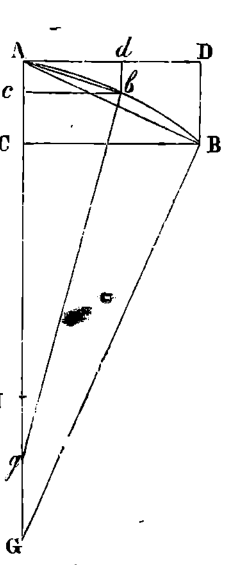
Прибавленіе 4. Поэтому силы въ началѣ движенія относятся прямо пропорціонально описываемымъ путямъ, и обратно квадратамъ временъ.

Прибавленіе 5. Далѣе, квадраты временъ прямо пропорціональны описаннымъ путямъ и обратно пропорціональны силамъ.

10a. **Примѣчаніе**. Когда сравниваютъ между собою неопредѣленныя величины разнаго рода и говорятъ, что такая-то изъ нихъ прямо или обратно пропорціональна другой, то это выраженіе надо понимать такъ, что первая увеличивается или уменьшается въ томъ же отношеніи, какъ вторая или ей обратная. Далѣе, если говорится, что одна изъ нихъ прямо или обратно пропорціональна какимъ либо двумъ или нѣсколькимъ другимъ; то это значитъ, что первая увеличивается или уменьшается въ отношеніи, составленномъ изъ отношеній, въ которыхъ другія величины или имъ обратныя увеличиваются или уменьшаются. Такимъ образомъ, если A прямо пропорціонально B, прямо пропорціонально C и обратно—D; то A увеличивается или уменьшается въ томъ же отношеніи какъ

$$BC.\frac{1}{D},$$

т. е. A и $\frac{BC}{D}$ стоятъ другъ къ другу въ данномъ отношеніи.



Фиг. 13.

11. Лемма. Пусть будетъ линія AD касательна къ кривой AbB, и пусть BD проведена произвольно отъ B къ D; то, при исчезновеніи, BD будетъ, наконецъ, пропорціональна квадрату соотвѣтствующей хорды AB.

1 случай. Пусть будетъ BD перпендикулярно къ AD и пусть Bg проведена перпендикулярно къ AB и AG перпендикулярна къ AD, такъ что оба перпендикуляра пересѣкаются въ G. Затѣмъ, пусть будутъ точки D, B, G передвинуты въ d, b, g и пусть J будетъ послѣднею точкою пересѣченія линій AG и BG, когда точки

D и B совпадутъ съ A. Очевидно, GI м. б. сдѣлана менѣе всякой данной величины.

Но, если чрезъ точки A, B, G и чрезъ A, b, g вообразить круги, въ которыхъ AG и Ag, по причинѣ прямыхъ угловъ при B и b, будутъ діаметрами, то

$$AB^2 = AC \times AG = BD \times AG,$$
$$Ab^2 = Ac \times Ag = bd \times Ag;$$

слѣдовательно

$$\text{A.} \qquad AB^2 : Ab^2 = AG \times BD : Ag \times bd.$$

Но какъ JG можетъ быть принята меньшею всякой данной величины, то можно сдѣлать, чтобы AG и Ag также разнились между собою менѣе, чѣмъ на какую угодно данную величину. Потому, въ силу A, отношеніе

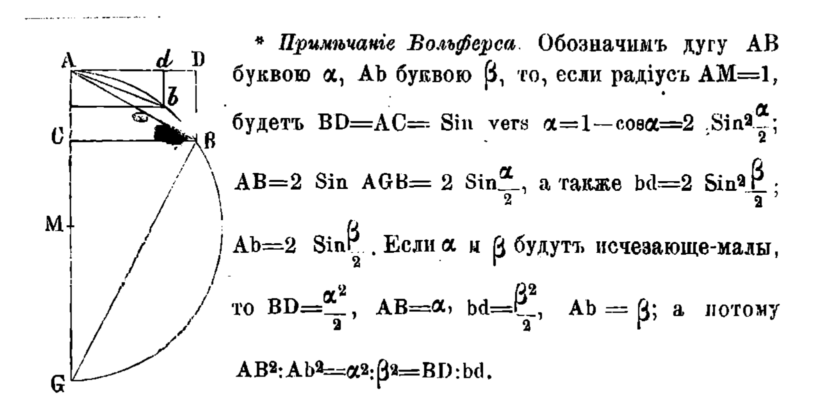
$$AB^2 : Ab^2$$

можетъ разниться отъ простого отношенія

$$BD : bd$$

менѣе, чѣмъ на какую угодно данную величину. А потому, по § 1, имѣемъ наконецъ

$$\text{B.} \quad AB^2 : Ab^2 = BD : bd^{*} \text{ Что и т. д.}$$



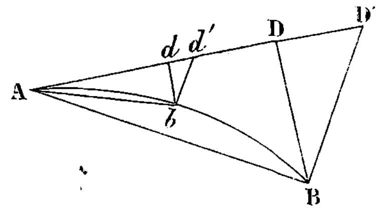
* *Примѣчаніе Вольферса.* Обозначимъ дугу AB буквою α, Ab буквою β, то, если радіусъ AM=1, будетъ $BD = AC = \text{Sin vers } \alpha = 1 - \cos\alpha = 2 \text{ Sin}^2\frac{\alpha}{2}$; $AB = 2 \text{ Sin } AGB = 2 \text{ Sin}\frac{\alpha}{2}$, а также $bd = 2 \text{ Sin}^2\frac{\beta}{2}$; $Ab = 2 \text{ Sin}\frac{\beta}{2}$. Если α и β будутъ исчезающе-малы, то $BD = \frac{\alpha^2}{2}$, $AB = \alpha$, $bd = \frac{\beta^2}{2}$, $Ab = \beta$; а потому

$$AB^2 : Ab^2 = \alpha^2 : \beta^2 = BD : bd.$$

2 случай. Если дать линіи BD какое-либо произвольное положеніе относительно AD, напр. BD′, то, если bd′ ∥ BD′, будетъ BD′ : bd′ = BD : bd, а потому

C. $AB^2 : Ab^2 = BD' : bd'$.

Чтó и т. д.



Фиг. 14.

3 случай. Если уголъ D не данъ, но линія BD стремится проходить черезъ нѣкоторую данную точку, или если она проведена по какому либо закону; то углы D и d все-таки болѣе и болѣе приближаются къ равенству и разница между ними становится менѣе всякой данной величины. А потому, по § 1, они наконецъ становятся равными и BD и bd относятся какъ и прежде. Чтó т. и д.

Прибавленіе 1. Такъ какъ подконецъ касательныя AD и Ad, дуги AB и Ab и синусы BC и bc становятся равны хордамъ AB и Ab; то и ихъ квадраты относятся подконецъ какъ

$$BD : bd.$$

Прибавленіе 2. Такъ какъ

$$\triangle ADB : Adb = AD.BD : Ad.db$$

и подконецъ

$$AD^2 : Ad^2 = DB : db;$$

то мы также подконецъ имѣемъ

и D $\begin{cases} ADB : Adb = AD^3 : Ad^3 = DB^{\frac{3}{2}} : db^{\frac{3}{2}} \\ ABC : Abc = BC^3 : bc^3. \end{cases}$

Прибавленіе 3. Такъ какъ подконецъ

$$DB \parallel db \text{ и}$$
$$DB : db = AD^2 : Ad^2,$$

то криволинейныя фигуры ADB и Adb, по свойству парабол *, будутъ равны $^2/_3$ прямолинейныхъ фигуръ ADB и Adb, а сегменты AB и Ab $^1/_3$ этихъ треугольниковъ. Потому, какъ эти криволинейныя фигуры, такъ и эти сегменты относятся какъ

$$AD^3 : Ad^3 = \text{дуга } AB^3 : Ab^3 = \text{хор. } AB^3 : Ab^3.$$

12. Примѣчаніе. Впрочемъ во всѣхъ этихъ предложеніяхъ мы предполагаемъ, что уголъ касанія ни безконечно больше, ни безконечно меньше угловъ касанія, образуемыхъ кругами съ ихъ касательными, т. е. что кривизна въ точкѣ A ни безконечно велика, ни безконечно мала, и что отрѣзокъ AI имѣетъ конечную величину.

Въ самомъ дѣлѣ, можно принять, что DB пропорціонально AD^3; въ этомъ случаѣ нельзя провести круга чрезъ точку A между касательною AD и кривою AB, и уголъ касанія будетъ безконечно меньше, чѣмъ у круговъ. Подобнымъ же образомъ, если принимать послѣдовательно, то DB пропорціонально

$$AD^4,\ AD^5,\ AD^6,\ AD^7,\ \text{etc.}$$

получится безконечный рядъ угловъ касанія, изъ которыхъ каждый слѣдующій безконечно меньше предыдущаго. Напротивъ того, если сдѣлать DB послѣдовательно пропорціональнымъ

$$AD^2,\ AD^{\frac{3}{2}},\ AD^{\frac{4}{3}},\ AD^{\frac{5}{4}},\ AD^{\frac{6}{5}}.\ AD^{\frac{7}{6}}\ \text{etc.}$$

то получится рядъ угловъ касанія, изъ коихъ первый тождественъ углу круга, второй безконечно больше, а каждый слѣдующій безконечно больше предыдущаго. Но и между какими угодно двумя изъ этихъ угловъ можно вставить рядъ другихъ, про-

* *Примѣчаніе Вольферса.* Такъ какъ $\frac{AD^2}{DB} = \frac{Ad^2}{db} = \text{Const.}$, то $AD^2 = \text{Const.} \times DB$; а потому для AC=DB какъ абсциссы, BC=AD будетъ ординатою параболы. Затѣмъ, по свойству параболы, криволинейная фигура ABC=$^2/_3$ACBD, а потому кривол. фиг. ABD=$^1/_3$ABCD=$^2/_3\triangle$ABD.

стирающійся въ обѣ стороны до безконечности, изъ которыхъ каждый слѣдующій уголъ безконечно больше предыдущаго. Напр., если между членами AD^2 и AD^3 ввести рядъ

$$AD^{\frac{13}{6}},\ AD^{\frac{11}{5}},\ AD^{\frac{9}{4}},\ AD^{\frac{7}{3}},\ AD^{\frac{5}{2}},\ \text{etc}$$

то между какими либо двумя членами этого ряда можно вставить новый рядъ промежуточныхъ угловъ, безконечно разнящихся другъ отъ друга. Природа не знаетъ здѣсь никакихъ границъ.

Что доказано о кривыхъ линіяхъ и объ ограничиваемыхъ ими площадяхъ, легко примѣнить къ кривымъ поверхностямъ твердыхъ тѣлъ и къ этимъ самымъ тѣламъ. Я предпослалъ эти леммы для того, чтобы въ послѣдующемъ устранить пространныя доказательства способомъ приведенія къ нелѣпости по образу древнихъ геометровъ. Въ самомъ дѣлѣ, доказательства будутъ короче при посредствѣ методы недѣлимыхъ величинъ. Но какъ метода недѣлимаго—нѣчто странное (durior) и потому не считается хорошею геометрическою методою, то я предпочелъ основать доказательства слѣдующихъ предложеній на послѣднихъ суммахъ и отношеніяхъ исчезающихъ и возвращающихся къ первымъ величинъ, а потому и предпослалъ доказательства тѣхъ предѣловъ съ возможно большею краткостью. Они приводятъ къ тому же, чего можно достичь и методою недѣлимаго, и потому мы вполнѣ можемъ опереться на доказанные принципы.

Когда далѣе мнѣ придется разсматривать величины состоящими изъ малыхъ частей, или вмѣсто прямыхъ брать безконечно малыя кривыя линіи; то я желалъ бы, чтобы подъ этимъ разумѣли не *недѣлимыя*, но *безконечно уменьшающіяся дѣлимыя*, не суммы и отношенія *опредѣленныхъ частей*, но предѣлы этихъ суммъ и отношеній, такъ что бы ядро такихъ доказательствъ всегда можно было привести къ методѣ вышедоказанныхъ леммъ.

Можно сдѣлать возраженіе, что не можетъ быть никакого послѣдняго отношенія исчезающихъ величинъ, ибо таковое до

исчезновенія не есть послѣднее, послѣ же исчезновенія вообще уже не существуетъ никакого отношенія. Но на томъ же основаніи можно бы было утверждать, что тѣло, стремящееся къ опредѣленному мѣсту, не имѣетъ никакой послѣдней скорости; эта скорость, прежде чѣмъ оно достигло опредѣленнаго мѣста, не есть послѣдняя, а по достиженіи такого, она уже не существуетъ. Легко отвѣтить на это. Подъ послѣднею скоростью разумѣютъ не ту, съ которою тѣло движется, прежде чѣмъ оно достигло послѣдняго мѣста и прекращаетъ свое движеніе, и не ту, которая имѣетъ мѣсто послѣ этого, но скорость въ то мгновеніе, когда оно достигаетъ этого мѣста, и есть эта самая послѣдняя скорость, съ которою тѣло касается мѣста и съ которою оканчивается движеніе. Подобнымъ же образомъ подъ послѣднимъ отношеніемъ исчезающихъ величинъ разумѣется то отношеніе, съ которымъ они исчезаютъ, а не то, которое имѣетъ мѣсто до или послѣ исчезновеній. Точно такъ же первое отношеніе возникающихъ величинъ есть то, съ которымъ они возникаютъ; первая и послѣдняя сумма—та, съ которою онѣ начинаютъ и кончаютъ быть (становиться больше или меньше). Существуетъ предѣлъ, котораго скорость въ концѣ движенія можетъ достичь, но не перейти; это и есть послѣдняя скорость. То же самое относится и къ предѣламъ всѣхъ начинающихся и прекращающихся величинъ и пропорцій. Такъ какъ этотъ предѣлъ неизмѣненъ и опредѣленъ, то изысканіе его— задача, поистинѣ геометрическая. Но все геометрическое можетъ быть по всей справедливости примѣняемо при другихъ геометрическихъ опредѣленіяхъ и доказательствахъ.

Можно также утверждать, что когда послѣднія отношенія исчезающихъ величинъ даны, то дана и ихъ послѣдняя величина и что такимъ образомъ каждая величина состоитъ изъ недѣлимыхъ частей, противное чему доказалъ Эвклидъ въ 10 книгѣ своихъ Началъ. Но это возраженіе опирается на ложномъ предположеніи. Эти послѣднія отношенія, съ которыми величины исчезаютъ, въ дѣйствительности не суть отношенія послѣднихъ величинъ, но предѣлы, къ которымъ отношенія непрерывно уменьшающихся величинъ постоянно приближаются, и къ которымъ

они подходятъ ближе, чѣмъ на какую угодно данную разность, но которыхъ, однако, они никогда не могутъ перейти и не прежде могутъ достигнуть, какъ когда величины уменьшатся до безконечности. Яснѣе усматривается это при безконечно больших величинахъ. Если двѣ величины, разность которыхъ дана, возрастаютъ до безконечности, то послѣднее ихъ отношеніе дано; это—отношеніе равенства; но этимъ не даны послѣднія или наибольшія величины, которыхъ отношеніе разсматривается.

Потому всякій разъ какъ я, желая дать болѣе простое представленіе о вещахъ, буду говорить о весьма малыхъ, исчезающихъ или послѣднихъ величинахъ; то подъ этимъ слѣдуетъ разумѣть не величины, опредѣленныя по величинѣ, но такія, которыя должны быть уменьшаемы неограниченно.

МЕТОДА ФЛЮКЦІЙ.

Principa, книга II, отдѣлъ II.

---

10. **Лемма.** Моментъ функціи (genita) * получится, если моментъ каждой отдѣльной производящей величины помножить на ея показатель и коэффиціентъ и полученныя произведенія сложить.

Функціей (Genita) я называю всякую величину, возникшую изъ извѣстныхъ членовъ, въ ариѳметикѣ умноженіемъ, дѣленіемъ и извлеченіемъ корней, въ геометріи изысканіемъ содержанія и сторонъ, или крайнихъ и среднихъ пропорціональныхъ, безъ сложенія и вычитанія. Величины этого рода суть: произведенія, частныя, корни, прямоугольники, квадраты, кубы, стороны квадратовъ, кубовъ и подобныя. Эти величины я разсматриваю здѣсь какъ неопредѣленныя и перемѣнныя, и какъ бы непрерывно возрастающія или убывающія вслѣдствіе постояннаго движенія или теченія. Ихъ мгновенное приращеніе или убываніе я называю здѣсь моментомъ, такъ что приращенія разсматриваются какъ придаваемые или положительные, убыванія какъ вычитаемые или отрицательные

---

* Въ этой леммѣ Ньютонъ даетъ правила *дифференцированія функцій. Моментъ* Ньютона тождественъ съ терминомъ *дифференціалъ* современной науки.

(Примѣч. переводчика).

моменты. Эти моменты перестаютъ быть моментами, какъ скоро они получаютъ конечную величину. Подъ ними разумѣются только что возникающіе зачатки конечныхъ величинъ, и въ этой леммѣ разсматриваются не величины моментовъ, но ихъ отношеніе при самомъ ихъ возникновеніи. Дѣло приводится къ тому же, если вмѣсто моментовъ разумѣть или скорости наростанія или убыванія (которыя можно также называть движеніями, измѣненіями и флюксіями величинъ), или какія угодно конечныя величины, пропорціональныя тѣмъ скоростямъ.

Коэффиціентъ всякаго производящаго члена есть частное, получаемое отъ раздѣленія функціи на этотъ членъ.

Поэтому, смыслъ этой леммы таковъ: Если моменты или скорости измѣненія величинъ A, B, C etc. возрастающихъ или убывающихъ вслѣдствіе постояннаго движенія, обозначимъ буквами a, b, c, etc., то моментъ (дифференціалъ) прямоугольника AB равенъ $Ab + aB$ *; моментъ произведенія $ABC = ABc + AbC + aBC$; моменты степеней

$$A^2,\ A^3,\ A^4,\ A^{\frac{1}{2}},\ A^{\frac{3}{2}},\ A^{\frac{1}{3}},\ A^{\frac{2}{3}},\ \frac{1}{A},\ \frac{1}{A^2},\ \frac{1}{A^{\frac{1}{2}}}$$

равны соотвѣтственно

$$2aA,\ 3aA^2,\ 4aA^3,\ \tfrac{1}{2}aA^{-\frac{1}{2}},\ \tfrac{3}{2}aA^{\frac{1}{2}},\ \tfrac{1}{3}aA^{-\frac{2}{3}},\ \tfrac{2}{3}aA^{-\frac{1}{3}},\ -aA^{-2}, -2aA^{-3},$$

$$-\tfrac{1}{2}aA^{-\frac{3}{2}}.$$

Вообще, моментъ какой угодно степени

$$A^{\frac{n}{m}}$$

равенъ $\frac{n}{m}aA^{\frac{n-m}{m}}$.

---

* Коэффиціентъ A здѣс[redacted] $\frac{AB}{A}$, моментъ$=a$, коэффиціентъ величины B есть $\frac{AB}{B} = A$, моментъ$=b$.

Далѣе, моментъ функціи A^2B

равенъ $2aAB+A^2b$;

Моментъ функціи $A^3B^4C^2$ равенъ $3aA^2B^4C^2+4A^3bB^3C^2+2A^3B^4cC$;

Моментъ функціи $\frac{A^3}{B^2}=3aA^2B^{-2}-2A^3bB^{-3}$ и т. д.

Доказательство этой леммы слѣдующее.

Первый случай. Вслѣдствіе непрерывнаго движенія возрастающій прямоугольникъ

$$AB,$$

когда на сторонахъ A и B недоставало половинъ моментовъ $\frac{1}{2}a$ и $\frac{1}{2}b$, былъ=

$$(A-\tfrac{1}{2}a)(B-\tfrac{1}{2}b)=AB-\tfrac{1}{2}aB-\tfrac{1}{2}Ab+\tfrac{1}{4}ab,$$

а когда A и B увеличились тѣми же половинами моментовъ, сталъ=

$$(A+\tfrac{1}{2}a)(B+\tfrac{1}{2}b)=AB+\tfrac{1}{2}aB+\tfrac{1}{2}Ab+\tfrac{1}{4}ab.$$

Вычтемъ изъ послѣдняго прямоугольника первый; въ остаткѣ окажется

$$aB+Ab,$$

Поэтому, цѣлыя приращенія a и b даютъ прямоугольнику AB приращеніе

$aB+Ab$. Что и т. д.

Второй случай. Положимъ $AB=G$; моментъ произведенія ABC или GC будетъ=

$gC+Gc$ (по первому случаю);

но $G=AB$, $g=aB+Ab$,

слѣд. моментъ произведенія ABC=

$$aBC+AbC+ABc.$$

Тоже самое имѣетъ мѣсто для произведенія скольких угодно факторовъ. Что и т. д.

Третій случай. Положивъ $B=C=A$, найдемъ

моментъ AB, т. е. моментъ $A^2=aA+Aa=2aA$;
» ABC, » » $A^3=aA^2+aA^2+aA^2=3aA^2$;

и такимъ же образомъ моментъ $A^n=naA^{n-1}$. Что и т. д.

Четвертый случай. Такъ какъ $\frac{1}{A}.A=1$, то

$A.$ моментъ $\frac{1}{A}+a.\frac{1}{A}=$ моменту 1-цы $=0$;

слѣд.

Моментъ $\frac{1}{A}$, т. е. моментъ $A^{-1}=-\frac{a.\frac{1}{A}}{A}=\frac{-a}{A^2}=-aA^{-2}$.

Вообще, такъ какъ

$$\frac{1}{A^n}.A^n=1,$$

$A^n.$ моментъ $\frac{1}{A^n}+\frac{1}{A^n}.naA^{n-1}=0$ и слѣд.

Моментъ $\frac{1}{A^n}=$ моменту $A^{-n}=-\frac{na}{A^{n+1}}=-naA^{-n-1}$.

Что и т. д.

Пятый случай. Такъ какъ, далѣе,

$$A^{\frac{1}{2}}.\ A^{\frac{1}{2}}=A,$$

то, по третьему случаю,

$$2A^{\frac{1}{2}}.\ \text{моментъ}\ A^{\frac{1}{2}} = a,$$

слѣд. $$\text{моментъ}\ A^{\frac{1}{2}} = \frac{a}{2A^{\frac{1}{2}}} = \tfrac{1}{2} a A^{-\frac{1}{2}}.$$

Положивъ вообще

$$A^{\frac{m}{n}} = B,$$

находимъ $$A^m = B^n,$$

слѣд. $$maA^{m-1} = nbB^{n-1},$$

а дѣленіемъ получаемъ

$$maA^{-1} = nbB^{-1} = \frac{nb}{A^{\frac{m}{n}}};$$

наконецъ

$$b,\ \text{или моментъ}\ A^{\frac{m}{n}} = \frac{m}{n} a A^{\frac{m-n}{n}}.$$ Что и т. д.

Шестой случай. Моментъ какой угодно функціи

$$A^m.\ B^n$$

равенъ, поэтому:

$$B^n.\ \text{моментъ}\ A^m + A^m.\ \text{моментъ}\ B^n = maA^{m-1}.B^n + nbA^m.B^{n-1},$$

при чемъ все равно, будутъ-ли показатели m и n числа цѣлыя или дробныя, положительныя или отрицательныя. Тоже самое отношеніе имѣетъ мѣсто, когда произведеніе состоитъ изъ нѣсколькихъ степеней. Что и т. д.

Прибавленіе 1. Если въ числѣ нѣсколькихъ непрерывно пропорціональныхъ величинъ одна постоянна, то моменты остальныхъ членовъ относятся какъ самые эти члены, соотвѣтственно умноженные на число интерваловъ между ними и этимъ постояннымъ членомъ. Пусть, напр.

$$A,\ B,\ C,\ D,\ E,\ F$$

непрерывно пропорціональны и C постоянно, то моменты остальныхъ членовъ относятся между собою какъ

$$-2A, -B, D, 2E, 3F. *$$

Прибавленіе 2. Если при четырехъ пропорціональныхъ величинахъ обѣ среднія постоянны, то моменты обоихъ крайнихъ членовъ относятся какъ эти члены. То же имѣетъ мѣсто по отношенію къ сторонамъ всякаго постояннаго прямоугольника **.

Прибавленіе 3. Если сумма или разность двухъ квадратовъ постоянна, то моменты сторонъ обратно пропорціональны сторонамъ ***.

---

* *Примѣчаніе Вольферса.* Пусть $A:B=B:C=C:D=D:E=E:F$ и C постоянно, а $\frac{D}{C}=M$, откуда $D=CM$; то $A=\frac{C}{M^2}$, $B=\frac{C}{M}$, $E=CM^2$, $F=CM^3$. Отсюда, называя моментъ (дифференціалъ) M буквою m, а моменты A, B, C, D, E, F буквами a, b, d, e, f, по § 10 имѣемъ

$$a=-\frac{2Cm}{M^3}=-\frac{2m}{M}.A,$$

$$b=-\frac{Cm}{M^2}=-\frac{m}{M}.B,$$

$$d=Cm=\frac{m}{M}D,$$

$$e=2CMm=2\frac{m}{M}E,$$

$$f=3CmM^2=3\frac{m}{M}.F;$$

слѣд. $a:b:d:e:f=-2A:-B:D:2E:3F.$

** *Примѣчаніе Вольферса.* Изъ $A:B=C:D$, если B и C постоянны, слѣдуетъ: $AD=BC=$ пост., слѣд. $Ad+aD=o$ и $a:d=$ [illegible]

*** *Примѣчаніе Вольферса.* Изъ $A^2 \pm B^2=$ пост. слѣдуетъ:

$$2aA \pm 2bB=O, \text{ и } a:b=\pm B:A.$$

Источниками при составленіи настоящей книги служили слѣдующія сочиненія:

---

1. Newton, Principia, во французскомъ переводѣ маркизы дю Шатле, озаглавленномъ: Principes mathématiques de la philosophie naturelle, par feue Madame la Marquise du Chastellet. A Paris. MDCCLIX; и въ нѣмецкомъ переводѣ Вольферса.

2. Newton, Optica, во французскомъ переводѣ неизвѣстнаго переводчика, подъ заглавіемъ: Optique de Newton. A Paris MDCCLXXVII.

3. Amédée Guillemin. Le monde physique. Paris. 1881.

4. Гельмгольцъ. Законъ сохраненія силы. Пер. Рындовскаго. Харьковъ. 1865.

5. П. Г. Тэтъ. Обзоръ нѣкоторыхъ изъ новѣйшихъ успѣховъ физическихъ знаній. Переводъ подъ редакціей И. М. Сѣченова. С.-Петербургъ. 1877 г.

6. Гершель, Джонъ. Философія естествознанія. С.-Петербургъ. 1868.

7. Sir David Brewster. The life of Sir Isaac Newton. London. 1861.

8. Біо. Біографія Ньютона. Переводъ Ассонова.

9. L. Figuier. Vies des savants illustres. Paris. 1870.

10. Ф. А. Ланге. Исторія матеріализма. Переводъ Н. Н. Страхова. С.-Петербургъ. 1881.

11. Поль Ремюза. Ньютонъ; его жизнь, сочиненія и открытія. Отечественныя Записки, апрѣль и май 1857.

12. E. Dühring. Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. 1877.